

Sumari

SUMARI	1
A. COMPOSICIÓ, QUALITAT I DISTRIBUCIÓ DE L'AIGUA	3
A.1. Composició química de l'aigua	3
A.1.1. L'Índex d'embrutament de membranes (SDI).....	4
A.2. Distribució de l'aigua al món: recursos hídrics.....	4
A.3. Recursos hídrics a l'Estat espanyol	10
A.3.1. L'aigua a l'agricultura espanyola	12
A.3.2. Costos associats a l'aigua potable i a l'aigua en l'agricultura espanyola.....	15
A.4. Qualitat de l'aigua.....	19
A.4.1. Qualitat de l'aigua potable	19
A.4.2. Qualitat de l'aigua per a ús industrial	29
A.4.3. Qualitat de l'aigua per a ús agrícola.....	31
B. CAPACITAT DE DESSALACIÓ	33
B.1. La capacitat de dessalació al món	33
B.1.1. Orient Mitjà i Nord d'Àfrica	37
B.1.2. Estats Units d'Amèrica.....	39
B.1.3. Àsia i Oceania.....	41
B.1.4. Europa.....	42
B.2. La dessalació a l'Estat espanyol	44
B.2.1. Canàries.....	48
B.2.2. Ceuta.....	49
B.2.3. Illes Balears.....	50
B.3. La dessalació a Catalunya	51
C. CANVI CLIMÀTIC	53
C.1. Introducció al canvi climàtic	53
C.1.1. Causes del canvi climàtic	53
C.1.2. Conseqüències i riscos del canvi climàtic.....	58
C.1.3. Respostes i accions relacionades amb el canvi climàtic.....	68
C.2. Canvi climàtic a la Mediterrània	73
D. ACTUACIONS PREVISTES AL PROGRAMA AGUA	77
E. ESTUDI DELS PRINCIPALS PROCESSOS DE DESSALACIÓ	86
E.1. Estudi dels processos de dessalació amb canvi de fase	86
E.1.1. Evaporació multietapa (MSF).....	86



E.1.2. Evaporació multiefecte (ME)	87
E.1.3. Compressió de vapor (CV) i altres processos amb canvi de fase	89
E.2. Estudi detallat de l'osmosi inversa	93
E.2.1. Breu referència històrica de l'osmosi inversa	94
E.2.2. Elements i etapes d'una planta d'osmosi inversa	94
E.2.3. Tipus i funcions de les membranes d'osmosi inversa	103
E.2.4. Paràmetres de funcionament d'una planta d'osmosi inversa	106
E.3. Estudi d'altres processos de membranes.....	109
E.3.1. Electrodiàlisi.....	109
E.3.2. Nanofiltració, ultrafiltració i microfiltració	112
E.3.3. Intercanvi iònic.....	114
E.4. Impacte ambiental.....	114
E.4.1. Impacte ambiental dels principals processos de dessalació	115
E.4.2. Energies renovables.....	116
E.5. Integració de tecnologies	117
E.5.1. Integració de les energies renovables	117
E.5.2. Integració de tecnologies amb cel·les de combustible.....	119
F. CÀLCULS PER ALS PROCESSOS DISSENYATS	121
F.1. Càlcul del punt 7.1.....	121
F.2. Càlcul del punt 7.2.....	128
G. CÀLCULS DELS COSTOS PER ALS PROCESSOS DISSENYATS	135
G.1. Càlcul del punt 9.1.	135
G.1.1. Càlcul del punt 9.1.1.	135
G.1.2. Càlcul del punt 9.1.2.	152
G.2. Càlcul del punt 9.2.	159
G.2.1. Càlcul del punt 9.2.1.	159
G.2.2. Càlcul del punt 9.2.2.	182
H. PROCESSOS DE DESSALACIÓ: APLICACIÓ DE L'EDR	189
I. LEGISLACIÓ	192
I.1. Legislació europea.....	192
I.2. Legislació estatal	193
I.2.1. Mesures per a l'aprofitament de l'aigua: RD-llei 15/2005	193
I.2.2. Qualitat de l'aigua potable: RD 140/2003	199
I.3. Legislació catalana	206



A. Composició, qualitat i distribució de l'aigua

En aquest Annex s'aprofundeix en l'estudi de la composició i les propietats físiques i químiques de l'aigua.

A.1. Composició química de l'aigua

La taula següent mostra la composició química de l'aigua, amb un 3,5% de salinitat.

Elemento	Peso atómico	ppm	Elemento	Peso atómico	ppm
Hidrógeno H ₂ O	1,00797	110,000	Molibdeno Mo	0,09594	0,01
Oxígeno H ₂ O	15,9994	883,000	Rutenio Ru	101,07	0,0000007
Sodio NaCl	22,9898	10,800	Rodio Rh	102,905	.
Cloruro NaCl	35,453	19,400	Paladio Pd	106,4	.
Magnesio Mg	24,312	1,290	Plata Ag	107,870	0,00028
Sulfuro S	32,064	904	Cadmio Cd	112,4	0,00011
Potasio K	39,102	392	Indio In	114,82	.
Calcio Ca	10,08	411	Estany Sn	118,69	0,00081
Bromuro Br	79,909	67,3	Antimonio Sb	121,75	0,00033
Helio He	4,0026	0,0000072	Teluro Te	127,6	.
Litio Li	6,939	0,170	Iodo I	166,904	0,064
Berilio Be	9,0133	0,0000006	Xenón Xe	131,30	0,000047
Boro B	10,811	4,450	Cesio Cs	132,905	0,0003
Carbono C	12,011	28,0	Bario Ba	137,34	0,021
Ion Nitrógeno	14,007	15,5	Lantano La	138,91	0,0000029
Fluoruro F	18,998	13	Cerio Ce	140,12	0,0000012
Neón Ne	20,183	0,00012	Praseodimio Pr	140,907	0,00000064
Alumini Al	26,982	0,001	Neodimio Nd	144,24	0,0000028
Silíce Si	28,086	2,9	Samarium Sm	150,35	0,00000045
Fósforo P	30,974	0,088	Europio Eu	151,96	0,0000013
Argón Ar	39,948	0,450	Gadolinio Gd	157,25	0,0000007
Escandio Sc	44,956	<0,000004	Terbio Tb	158,924	0,00000014
Titanio Ti	47,90	0,001	Disprosi Dy	162,50	0,00000091
Vanadi V	50,942	0,0019	Holmio Ho	164,930	0,00000022
Cromo Cr	51,996	0,0002	Erbio Er	167,26	0,00000087
Manganes Mn	54,938	0,0004	Tulio Tm	168,934	0,00000017
Hierro Fe	55,847	0,0034	Iterbio Yb	173,04	0,00000082
Cobalto Co	58,933	0,00039	Lutecio Lu	174,97	0,00000015
Níquel Ni	58,71	0,0066	Hafnio Hf	178,49	<0,000008
Cobre Cu	63,54	0,0009	Tantali Ta	180,948	<0,0000025
Zinc Zn	65,37	0,005	Tungsten W	183,85	<0,000001
Galio Ga	69,72	0,00003	Renio Re	186,2	0,0000084
Germanio Ge	72,59	0,00006	Osmio Os	190,2	.
Arsénico As	74,922	0,0026	Iridio Ir	192,2	.
Selenio Se	78,96	0,0009	Platino Pt	195,09	.
Criptón Kr	83,80	0,00021	Oro Au	196,967	0,000011
Rubidio Rb	85,47	0,120	Mercurio Hg	200,59	0,00015
Estroncio Sr	87,62	8,1	Talio Tl	204,37	.
Itrio Y	88,905	0,000013	Plomo Pb	207,19	0,00003
Zirconi Zr	91,22	0,000026	Bismuto Bi	208,980	0,00002
Niobi Nb	92,906	0,000015	Torio Th	232,04	0,0000004
			Uranio U	238,03	0,0033
			Plutoni Pu	244	.



A.1.1. L'Índex d'embrutament de membranes (SDI)

L'SDI (Silt Density Index) o índex d'embrutament, és un mètode freqüent per determinar la tendència a embrutar-se de les membranes dels processos de dessalació en què hi participen. Aquest valor té molt a veure amb la qualitat de l'aigua, ja que segons la seva composició, les membranes tindran més o menys tendència a l'embrutament al seu pas a través d'elles.

La determinació d'aquest valor es realitza de manera totalment empírica. Consisteix en la mesura de temps de filtració, a través d'un filtre de 0,45 µm, de quantitats de 400 mL, realitzades a interval de 15 minuts i a una pressió fixa de 2 bar. La mesura de l'SDI ve definida per la següent relació: **[15]**

$$SDI = \frac{\left(1 - \frac{t_1}{t_2}\right) \cdot 100}{15}$$

on t_1 i t_2 són els temps de filtració inicial i final (després de 15 minuts), respectivament.

Els valors d'SDI acceptables en membranes d'osmosi inversa són menors de 5, i preferentment menors de 3.

L'SDI se sol mesurar en aigües marines. D'aquesta manera, no és gaire freqüent la mesura d'aquest índex d'embrutament quan hi ha dessalació d'aigües salobreses.

A.2. Distribució de l'aigua al món: recursos hídrics

En aquest apartat de l'Annex, s'hi aporten algunes dades sobre la distribució de l'aigua als diferents països del món. A la següent taula, es pot veure un rànquing segons la quantitat de recursos hídrics de què disposa cada país. **[13]**



Ranking	Continent	Country	Water resources					Water resources: total renewable per capita (m ³ /capita year)
			Total internal renewable water resources (km ³ /year) ¹	Groundwater: produced internally (km ³ /year) ²	Surface water: produced internally (km ³ /year) ³	Overlap: Surface and groundwater (km ³ /year) ⁴	Water resources: total renewable (km ³ /year)*	
1	N C America	Greenland	603.00	—	—	—	603.00	10,767,857
2	N C America	United States, Alaska	800.00	—	—	—	980.00	1,563,168
3	South America	French Guiana	134.00	—	—	—	134.00	812,121
4	Europe	Iceland	170.00	24.00	166.00	20.00	170.00	609,319
5	South America	Guyana	241.00	103.00	241.00	103.00	241.00	316,689
6	South America	Suriname	88.00	80.00	88.00	80.00	122.00	292,566
7	Africa	Congo	222.00	198.00	222.00	198.00	832.00	275,679
8	Asia	Papua New Guinea	801.00	—	801.00	—	801.00	166,563
9	Africa	Gabon	164.00	62.00	162.00	60.00	164.00	133,333
10	Oceania	Solomon Islands	44.70	—	—	—	44.70	100,000
11	N C America	Canada	2,850.00	370.00	2,840.00	360.00	2,902.00	94,353
12	Oceania	New Zealand	327.00	—	—	—	327.00	86,554
13	Europe	Norway	382.00	96.00	376.00	90.00	382.00	85,478
14	N C America	Belize	16.00	—	—	—	18.56	82,102
15	Africa	Liberia	200.00	60.00	200.00	60.00	232.00	79,643
16	South America	Bolivia	303.53	130.00	277.41	103.88	622.53	74,743
17	South America	Peru	1,616.00	303.00	1,616.00	303.00	1,913.00	74,546
18	Asia	Laos	190.42	37.90	190.42	37.90	333.55	63,184
19	South America	Paraguay	94.00	41.00	94.00	41.00	336.00	61,135
20	South America	Chile	884.00	140.00	884.00	140.00	922.00	60,614
21	Africa	Equatorial Guinea	26.00	10.00	25.00	9.00	26.00	56,893
22	N C America	Panama	147.42	21.00	144.11	17.69	147.98	51,814
23	South America	Venezuela	722.45	227.00	700.14	204.69	1,233.17	51,021
24	South America	Colombia	2,112.00	510.00	2,112.00	510.00	2,132.00	50,635
25	South America	Brazil	5,418.00	1,874.00	5,418.00	1,874.00	8,233.00	48,314
26	Asia	Bhutan	95.00	—	95.00	—	95.00	45,564
27	South America	Uruguay	59.00	23.00	59.00	23.00	139.00	41,654
28	Africa	Central African Rep.	141.00	56.00	141.00	56.00	144.40	38,849
29	N C America	Nicaragua	189.74	59.00	185.74	55.00	196.69	38,787
30	Asia	Cambodia	120.57	17.60	115.97	13.00	476.11	36,333
31	Africa	Sierra Leone	160.00	50.00	150.00	40.00	160.00	36,322
32	Oceania	Fiji	28.55	—	—	—	28.55	35,074
33	South America	Ecuador	432.00	134.00	432.00	134.00	432.00	34,161
34	Europe	Russian Federation	4,312.70	788.00	4,036.70	512.00	4,507.25	30,980



35	N C America	Costa Rica	112.40	37.30	75.10	0.00	112.40	27,932
36	Africa	Guinea	226.00	38.00	226.00	38.00	226.00	27,716
37	Asia	Malaysia	580.00	64.00	566.00	50.00	580.00	26,105
38	Asia	Brunei Darussalam	8.50	0.10	8.50	0.10	8.50	25,915
39	Africa	Guinea-Bissau	16.00	14.00	12.00	10.00	31.00	25,855
40	Oceania	Australia	492.00	72.00	440.00	20.00	492.00	25,708
41	Africa	Congo, Dem. Rep.	900.00	421.00	899.00	420.00	1,293.00	25,183
42	Europe	Croatia	37.70	11.00	27.20	0.50	105.50	22,669
43	South America	Argentina	276.00	128.00	276.00	128.00	814.00	21,981
44	Asia	Myanmar	880.60	156.00	874.60	150.00	1,045.60	21,898
45	Europe	Finland	107.00	2.20	106.80	2.00	110.00	21,268
46	Africa	Madagascar	337.00	55.00	332.00	50.00	337.00	21,102
47	Europe	Yugoslavia	44.00	3.00	42.40	1.40	208.50	19,759
48	Europe	Sweden	171.00	20.00	170.00	19.00	174.00	19,679
49	Africa	Cameroon	273.00	100.00	268.00	95.00	285.50	19,192
50	Europe	Slovenia	18.67	13.50	18.52	13.35	31.87	16,031
51	Africa	Sao Tome and Principe	2.18	—	—	—	2.18	15,797
52	N C America	United States, Hawaii	18.40	13.20	5.20	0.00	18.40	15,187
53	N C America	Honduras	95.93	39.00	86.92	29.99	95.93	14,949
54	Europe	Latvia	16.74	2.20	16.54	2.00	35.45	14,642
55	Africa	Angola	184.00	72.00	182.00	70.00	184.00	14,009
56	Asia	Mongolia	34.80	6.10	32.70	4.00	34.80	13,739
57	Europe	Ireland	49.00	10.80	48.20	10.00	52.00	13,673
58	Asia	Indonesia	2,838.00	455.00	2,793.00	410.00	2,838.00	13,381
59	Europe	Albania	26.90	6.20	23.05	2.35	41.70	13,306
60	Asia	Georgia	58.13	17.23	56.90	16.00	63.33	12,035
61	Africa	Mozambique	99.00	17.00	97.00	15.00	216.11	11,814
62	Asia	Viet Nam	366.50	48.00	353.50	35.00	891.21	11,406
63	N C America	United States	2,818.40	—	—	—	3,069.40	10,837
64	Europe	Hungary	6.00	6.00	6.00	6.00	104.00	10,433
65	Africa	Namibia	6.16	2.10	4.10	0.04	17.94	10,211
66	Africa	Zambia	80.20	47.00	80.20	47.00	105.20	10,095
67	N C America	Guatemala	109.20	33.70	100.70	25.20	111.27	9,773
68	Europe	Austria	55.00	6.00	55.00	6.00	77.70	9,616
69	Europe	Romania	42.30	8.30	42.00	8.00	211.93	9,445
70	Europe	Bosnia and Herzegovina	35.50	—	—	—	37.50	9,429
71	Africa	Botswana	2.90	1.70	1.70	0.50	14.40	9,345
72	Europe	Slovakia	12.60	1.73	12.60	1.73	50.10	9,279
73	Europe	Estonia	12.71	4.00	11.71	3.00	12.81	9,195
74	Asia	Nepal	198.20	20.00	198.20	20.00	210.20	9,122
75	Africa	Mali	60.00	20.00	50.00	10.00	100.00	8,810
76	Asia	Bangladesh	105.00	21.09	83.91	0.00	1,210.64	8,809
77	Europe	Switzerland	40.40	2.50	40.40	2.50	53.50	7,462



78	N C America	United States, Conterminous	2,000.00	1,300.00	1,862.00	1,162.00	2,071.00	7,407
79	Europe	Luxembourg	1.00	0.08	1.00	0.08	3.10	7,094
80	Europe	Greece	58.00	10.30	55.50	7.80	74.25	6,998
81	Africa	Reunion	5.00	2.80	4.50	2.30	5.00	6,935
82	Europe	Portugal	38.00	4.00	38.00	4.00	68.70	6,859
83	Asia	Kazakhstan	75.42	6.10	69.32	0.00	109.61	6,778
84	Europe	Lithuania	15.56	1.20	15.36	1.00	24.90	6,737
85	Asia	Thailand	210.00	41.90	198.79	30.69	409.94	6,527
86	Asia	Philippines	479.00	180.00	444.00	145.00	479.00	6,332
87	Africa	Gambia	3.00	0.50	3.00	0.50	8.00	6,140
88	Europe	Netherlands	11.00	4.50	11.00	4.50	91.00	5,736
89	Europe	Belarus	37.20	18.00	37.20	18.00	58.00	5,694
90	Africa	Chad	15.00	11.50	13.50	10.00	43.00	5,453
91	Asia	Turkmenistan	1.36	0.36	1.00	0.00	24.72	5,218
92	Africa	Côte d'Ivoire	76.70	37.70	74.00	35.00	81.00	5,058
93	Africa	Swaziland	2.64	—	—	—	4.51	4,876
94	N C America	Mexico	409.00	139.00	361.00	91.00	457.22	4,624
95	Africa	Mauritania	0.40	0.30	0.10	0.00	11.40	4,278
96	Africa	Senegal	26.40	7.60	23.80	5.00	39.40	4,182
97	Asia	Kyrgyzstan	46.45	13.60	44.05	11.20	20.58	4,182
98	N C America	El Salvador	17.78	6.15	17.60	5.97	25.26	4,024
99	Africa	Benin	10.30	1.80	10.00	1.50	24.80	3,954
100	Asia	Azerbaijan	8.12	6.51	5.96	4.35	30.28	3,765
101	N C America	Jamaica	9.40	3.89	5.51	0.00	9.40	3,651
102	Asia	Korea, Dem. People's	67.00	13.00	66.00	12.00	77.14	3,464
103	Asia	Turkey	227.00	69.00	186.00	28.00	229.30	3,439
104	Europe	France	178.50	100.00	176.50	98.00	203.70	3,439
105	N C America	Cuba	38.12	6.48	31.64	0.00	38.12	3,404
106	Asia	Japan	430.00	27.00	420.00	17.00	430.00	3,383
107	Europe	Italy	182.50	43.00	170.50	31.00	191.30	3,325
108	Asia	Iraq	35.20	1.20	34.00	0.00	75.42	3,287
109	Africa	Togo	11.50	5.70	10.80	5.00	14.70	3,247
110	Europe	Macedonia, The Fmr Y.	5.40	—	5.40	—	6.40	3,147

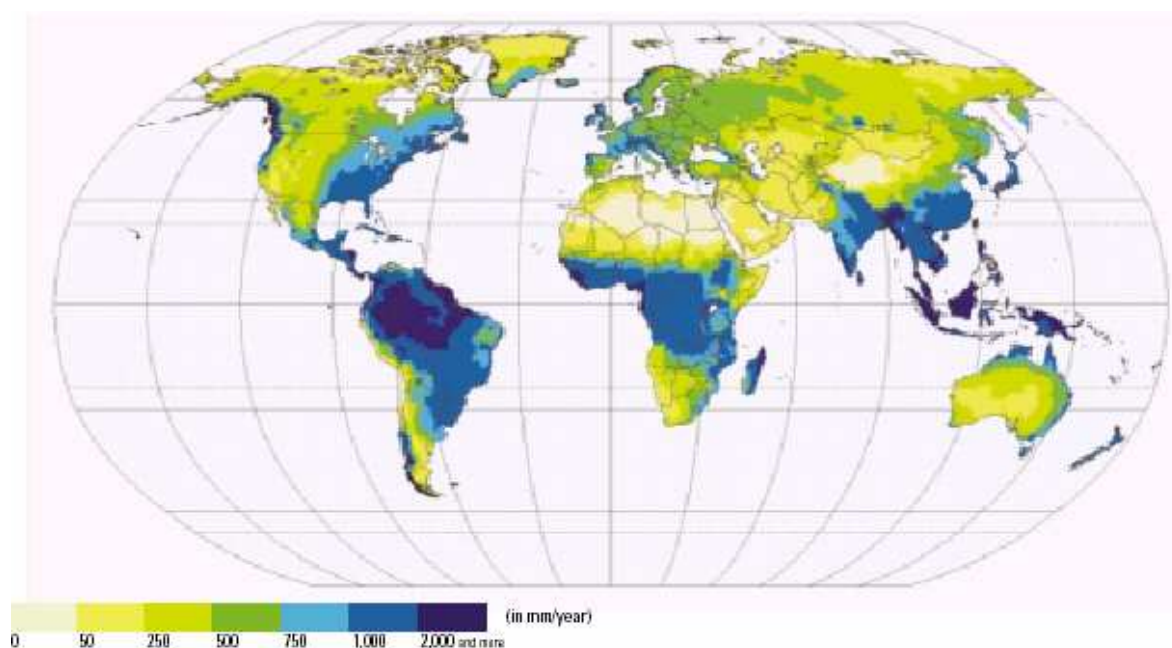


111	Africa	Niger	3.50	2.50	1.00	0.00	33.65	3,107
112	Asia	Afghanistan	55.00	–	–	–	65.00	2,986
113	N C America	Trinidad and Tobago	3.84	–	–	–	3.84	2,968
114	Asia	Pakistan	248.00	55.00	243.00	50.00	418.27	2,961
115	Africa	Uganda	39.00	29.00	39.00	29.00	66.00	2,833
116	Europe	Ukraine	53.10	20.00	50.10	17.00	139.55	2,815
117	Europe	Spain	111.20	29.90	109.50	28.20	111.50	2,794
118	Asia	Armenia	9.07	4.20	6.27	1.40	10.53	2,780
119	Africa	Ghana	30.30	26.30	29.00	25.00	53.20	2,756
120	Europe	Moldova, Republic of	1.00	0.40	1.00	0.40	11.65	2,712
121	Europe	Bulgaria	21.00	6.40	20.10	5.50	21.30	2,680
122	Asia	Sri Lanka	50.00	7.80	49.20	7.00	50.00	2,642
123	Asia	Tajikistan	66.30	6.00	63.30	3.00	15.98	2,625
124	Africa	Tanzania, United Rep. of	82.00	30.00	80.00	28.00	91.00	2,591
125	Africa	Nigeria	221.00	87.00	214.00	80.00	286.20	2,514
126	N C America	Dominican Republic	21.00	11.70	21.00	11.70	21.00	2,507
127	Europe	United Kingdom	145.00	9.80	144.20	9.00	147.00	2,465
128	Asia	China	2,879.40	891.80	2,715.50	727.90	2,896.57	2,259
129	Africa	Sudan	30.00	7.00	28.00	5.00	64.50	2,074
130	Asia	Uzbekistan	16.34	8.80	9.54	3.00	50.41	2,026
131	Asia	Iran, Islamic Rep. of	128.50	49.30	97.30	18.10	137.51	1,955
132	Africa	Mauritius	2.21	0.68	2.03	0.50	2.21	1,904
133	Asia	India	1,260.54	418.54	1,222.00	380.00	1,896.66	1,880
134	Europe	Germany	107.00	45.70	106.30	45.00	154.00	1,878
135	N C America	Puerto Rico	3.40	–	–	–	7.10	1,814
136	Europe	Belgium	12.00	0.90	12.00	0.90	18.30	1,786
137	Africa	Ethiopia	110.00	40.00	110.00	40.00	110.00	1,749
138	N C America	Haiti	13.01	2.16	10.85	0.00	14.03	1,723
139	Africa	Eritrea	2.80	–	–	–	6.30	1,722
140	Africa	Comoros	1.20	1.00	0.20	0.00	1.20	1,700
141	Asia	Syrian Arab Republic	7.00	4.20	4.80	2.00	26.26	1,622
142	Europe	Poland	53.60	12.50	53.10	12.00	61.60	1,596
143	Africa	Zimbabwe	14.10	5.00	13.10	4.00	20.00	1,584
144	Africa	Somalia	6.00	3.30	5.70	3.00	13.50	1,538
145	Africa	Malawi	16.14	1.40	16.14	1.40	17.28	1,528
146	Asia	Korea, Republic of	64.85	13.30	62.25	10.70	69.70	1,491
147	Africa	Lesotho	5.23	0.50	5.23	0.50	3.02	1,485
148	Europe	Czech Rep.	13.15	1.43	13.15	1.43	13.15	1,280
149	Asia	Lebanon	4.80	3.20	4.10	2.50	4.41	1,261
150	Africa	South Africa	44.80	4.80	43.00	3.00	50.00	1,154
151	Europe	Denmark	6.00	4.30	3.70	2.00	6.00	1,128
152	Africa	Burkina Faso	12.50	9.50	8.00	5.00	12.50	1,084



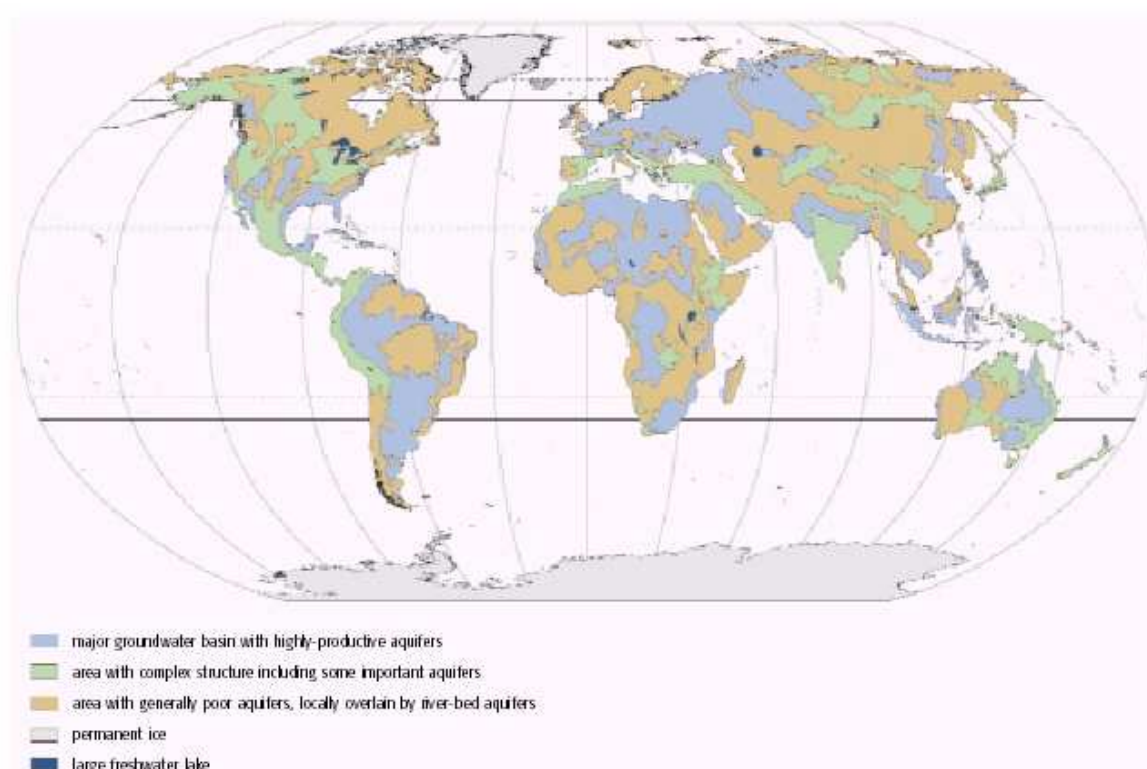
153	Asia	Cyprus	0.78	0.41	0.56	0.19	0.78	995
154	Africa	Kenya	20.20	3.00	17.20	0.00	30.20	985
155	Africa	Morocco	29.00	10.00	22.00	3.00	29.00	971
156	Africa	Egypt	1.80	1.30	0.50	0.00	58.30	859
157	N C. America	Antigua and Barbuda	0.05	—	—	—	0.05	800
158	Africa	Cape Verde	0.30	0.12	0.18	0.00	0.30	703
159	Africa	Rwanda	5.20	3.60	5.20	3.60	5.20	683
160	N C. America	Saint Kitts Nevis	0.02	0.02	0.004	0.00	0.02	621
161	Africa	Burundi	3.60	2.10	3.50	2.00	3.60	566
162	Africa	Tunisia	4.15	1.45	3.10	0.40	4.56	482
163	Africa	Algeria	13.90	1.70	13.20	1.00	14.49	478
164	Africa	Djibouti	0.30	0.02	0.30	0.02	0.30	475
165	Asia	Oman	0.99	0.96	0.93	0.90	0.99	388
166	N C. America	Barbados	0.08	0.07	0.01	0.002	0.08	307
167	Asia	Israel	0.75	0.50	0.25	0.00	1.67	276
168	Asia	Yemen	4.10	1.50	4.00	1.40	4.10	223
169	Asia	Bahrain	0.004	0.00	0.004	0.00	0.12	181
170	Asia	Jordan	0.68	0.50	0.40	0.22	0.88	179
171	Asia	Singapore	0.60	—	—	—	0.60	149
172	Europe	Malta	0.05	0.05	0.00	0.00	0.05	129
173	Asia	Saudi Arabia	2.40	2.20	2.20	2.00	2.40	118
174	Africa	Libyan Arab Jamahiriya	0.60	0.50	0.20	0.10	0.60	113
175	Asia	Maldives	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	103
176	Asia	Qatar	0.05	0.05	0.001	0.00	0.05	94
177	N C. America	Bahamas	0.02	—	—	—	0.02	66
178	Asia	United Arab Emirates	0.15	0.12	0.15	0.12	0.15	58
179	Asia	Gaza Strip (Palestine)	0.05	0.05	0.00	0.00	0.06	52
180	Asia	Kuwait	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	10
181	Africa	Seychelles	—	—	—	—	—	—
182	Asia	West Bank	0.75	0.68	0.07	0.00	0.75	—

Seguidament, hi ha més dades sobre l'aigua al planeta. Primerament, un mapa sobre el règim de precipitacions a la Terra:



Com es pot veure, les zones més plujoses del planeta es concentren a la selva de l'Amazònia, d'una banda, i a la Polinèsia, de l'altra.

Tot seguit, hi ha un mapa que mostra els recursos d'aigües subterrànies de la Terra.



Aquests són els aquífers més importants del planeta:

No.	Name	Area (million km ²)	Volume (billion m ³)	Replenishment time (years)	Continent
1	Nubian Sandstone Aquifer System	2.0	75,000	75,000	Africa
2	North Sahara Aquifer System	0.78	60,000	70,000	Africa
3	High Plains Aquifer System	0.45	15,000	2,000	North America
4	Guarani Aquifer System	1.2	30,000	3,000	South America
5	North China Plain Aquifer Systems	0.14	5,000	300	Asia
6	Great Artesian Basin	1.7	20,000	20,000	Australia

The largest aquifers occur in Africa, where they represent a very precious resource, since rainfall is almost non-existent. However, a wise exploitation of this resource is necessary.

A.3. Recursos hídrics a l'Estat espanyol

Els recursos hídrics a l'Estat espanyol tendeixen a ser limitats, davant l'augment del consum dels últims anys. Per avaluar els recursos existents, a la figura 4.5. hi ha una taula on es poden apreciar les reserves d'aigua als embassaments a les diferents conques hidrogràfiques peninsulars.



<i>Àmbit</i>	<i>Capacitat total embasament (hm³)</i>	<i>Reserves (hm³)</i>	<i>Reserves 2006 (%)</i>	<i>Reserves 2005 (%)</i>	<i>Reserves 2004 (%)</i>	<i>Reserves mitjanes últims 5 anys (%)</i>	<i>Reserves mitjanes últims 10 anys (%)</i>
Galícia I	684	489	71,5	59,9	46,6	59,2	64,2
Nord I	3030	2399	79,2	57,1	50,7	58,9	64,9
Nord II	554	397	71,7	66,2	68,6	70,7	73,8
Nord III	71	40	56,3	87,3	80,3	71,8	76,3
Conques internes País Basc	21	10	47,6	95,2	81,0	82,9	84,3
Duero	7463	5786	77,5	47,6	46,9	57,4	62,8
Tajo	11009	6482	58,9	41,2	48,0	52,6	57,4
Guadiana	8292	4875	58,8	57,1	74,8	66,9	65,4
Conca Atlàntica Andalus	2216	1069	48,2	46,3	69,7	67,8	67,6
Guadalquivir	7152	2874	40,2	39,2	70,8	63,4	64,4
Conca Mediter. Andalus	1041	308	29,6	26,2	45,4	40,4	49,0
Segura	1129	133	11,8	11,6	15,1	15,1	20,1
Xúquer	3346	478	14,3	19,8	34,7	26,2	27,7
Ebre	7403	4393	59,3	57,2	65,9	68,0	72,0
C.I. Catalunya	740	356	48,1	45,5	57,0	55,4	55,0



Vessant Atlàntic	40492	24421	60,3	47,5	59,0	60,0	62,7
Vessant Mediterrani	13659	5668	41,5	40,1	51,0	49,4	53,3
Total peninsular	54151	30089	55,6	45,8	57,1	57,5	60,5

Fig. A.1. Reserves hídriques dels embassaments peninsulars de l'Estat (dades de 2007) [6]

Com es pot observar a la figura A.1., les dades recents permeten comprovar que, globalment, en els últims anys les reserves d'aigua als pantans espanyols estan disminuint. Malgrat tot, l'any 2006 hi ha hagut un petit increment respecte les baixes reserves de l'any anterior, el 2005. De tota manera, la vessant atlàntica millora molt més en comparació amb la mediterrània, que és la que pateix un dèficit de recursos hídrics més alarmant. Així es pot comprovar observant les dades corresponents a les conques mediterrània andalusa, la del Xúquer i la del Segura, aquesta última només amb un 11,8%, la més baixa del total de conques de l'Estat.

Pel que fa a les conques de Catalunya, hi ha hagut un petit augment tant a les conques internes com a la conca de l'Ebre (que inclou el Segre). Les conques internes es mantenen al voltant de la meitat de la seva capacitat total.

A.3.1. L'aigua a l'agricultura espanyola

L'accés a l'aigua és un factor determinant per a la productivitat de l'agricultura a l'Estat espanyol. D'entrada, cal dir que no a totes les conques hidrogràfiques peninsulars els usos de l'aigua són uniformes, tal i com es pot comprovar a la figura A.2.:



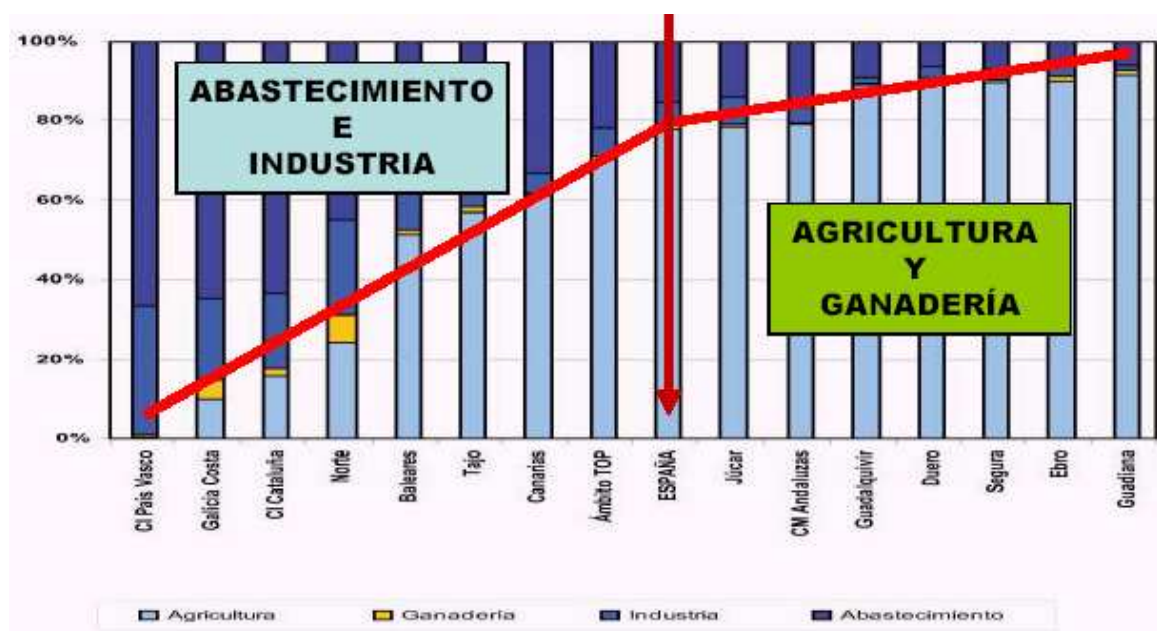


Fig. A.2. Usos del consum d'aigua a les conques hidrogràfiques de l'Estat espanyol en % [65]

Com es pot veure a la figura A.2., les diferències en quant a l'ús de l'aigua són significativament diferents segons la zona de l'Estat. D'aquesta manera, les conques internes de Catalunya, juntament amb les basques i gallegues, són les que menys recursos destinen a l'agricultura. En canvi, conques molt deficitàries en aigua, com són la del Segura o el Xúquer, destinen gairebé la totalitat de recursos hídrics a l'agricultura, aproximant-se al comportament de la mitjana de l'Estat, que està indicat amb una fletxa descendent. Això representa un problema afegit per a la sostenibilitat de les quantitats d'aigua a Espanya.

Els conreus poden ser de secà o de regadiu, segons la necessitat d'aigua que tinguin. A la figura A.3. es poden veure els diferents tipus de conreu segons l'aigua que s'hi dedica en cada cas.



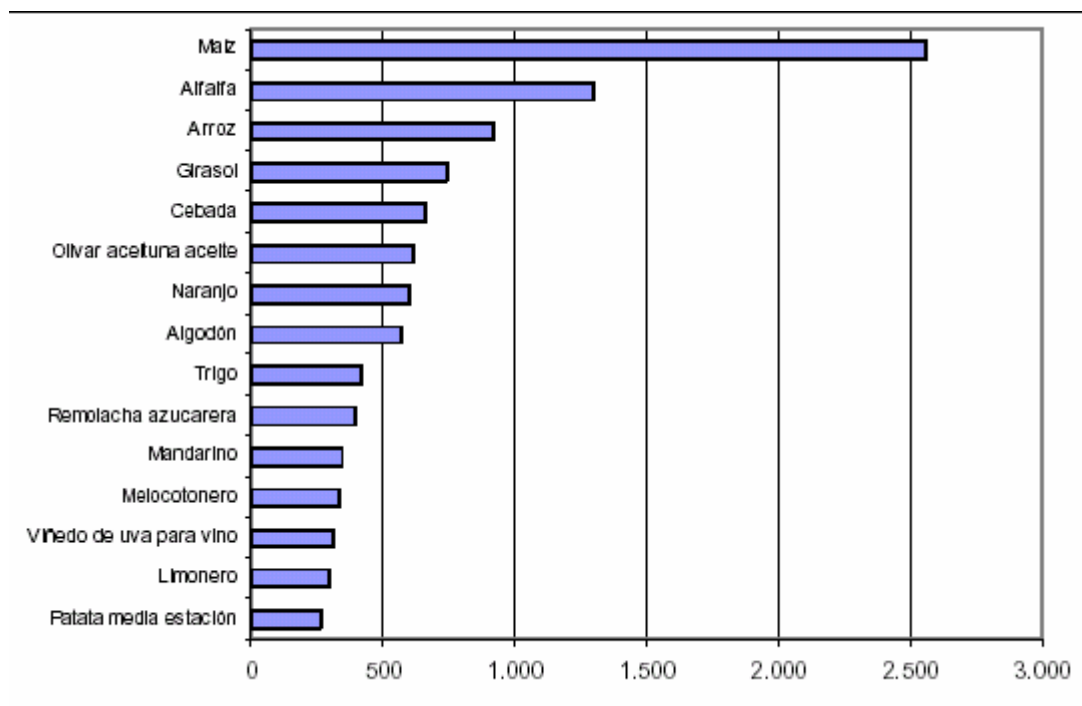


Fig. A.3. Quantitat d'aigua (en m³) destinada als diferents conreus de l'Estat espanyol [65]

El blat de moro és el conreu que s'emporta la major part de l'aigua destinada a l'agricultura a l'Estat espanyol, seguit de l'alfals i l'arròs, tal i com es pot observar a la figura A.3. El problema rau en el fet que l'agricultura més rendible és aquella que es produeix a l'Espanya més seca, la que més aigua necessita. És per això que es destina un percentatge tan alt (com s'ha apuntat abans, un 80%) dels recursos hídrics totals a aquesta activitat, i una altra conseqüència d'aquest fet és que Espanya és un dels països més consumidors d'aigua.

Es calcula que al voltant d'un 50% a un 70% del total d'aigua existent a l'Estat s'acaba malaguanyant. [71] És un fet especialment greu en un país on hi ha manca de recursos hídrics. Un dels motius és el preu de l'aigua, fet que es tracta en l'apartat A.3.2. El sistema de rec és una altra de les causes d'aquest desapropietament d'aigua. Sistemes molt emprats, com ara el transport de l'aigua per gravetat a través de solcs fets a terra per deixar que mulli els camps, són especialment malbaratadors d'aigua. En els últims anys s'han emprat molts recursos econòmics per canviar els sistemes de rec obsolets en conreus de regadiu on l'aigua és molt necessària. Actualment, el rec per goteig s'està implantant a bon part de la geografia de l'Estat. Les més modernes tecnologies de rec gota a gota incorporen fins i tot un control per ordinador per mantenir el nivell adequat d'humitat, i redueixen el desapropietament d'aigua fins a un 15%.



En algunes zones, a més, es fa servir l'aigua residual urbana, un cop tractada, per al rec. Té l'avantatge afegit que, a més de suposar un estalvi en el consum hídic, retorna nutrients orgànics que serveixen d'adob per als conreus. [44]

A.3.2. Costos associats a l'aigua potable i a l'aigua en l'agricultura espanyola

La productivitat de l'aigua a l'economia espanyola ha augmentat en els darrers anys: de 17 a 19 €/m³ captat i de 27 a 30 €/m³ utilitzat.

Durant els darrers deu anys, el preu de l'aigua potable a Espanya s'ha incrementat anualment més d'un 4%.

Comunitat Autònoma	Consum en litres/habitant i dia			Tarifes (€/m ³)		
	2003	2004	(%)	2003	2004	(%)
Andalusia	184	189	2,72%	1,06	1,12	5,66%
Aragó	169	162	-4,14%	0,84		
Astúries	171	172	0,58%	0,80	0,91	13,75%
Balears	130	142	9,23%	2,01	2,06	2,49%
Canàries	135	147	8,89%	1,75	1,76	0,57%
Cantàbria	185	187	1,08%	0,72	0,75	4,17%
Castella- La Manxa	168	172	2,38%	0,77	0,89	15,58%
Castella i Lleó	184	179	-2,72%	0,78	0,80	2,56%
Catalunya	183	174	-4,92%	1,39	1,45	4,32%
Extremadura	163	178	9,20%	0,90	1,04	15,56%
Galícia	143	155	8,39%	0,90	0,95	5,56%
Madrid	166	171	3,01%	0,91	0,97	6,59%
Múrcia	149	161	8,05%	1,57	1,72	9,55%



Navarra	152	144	-5,26%	0,71	0,77	8,45%
País Basc	149	150	0,67%	1,01	1,21	19,80%
País Valencià	163	178	9,20%	0,89	1,01	13,48%
Rioja	136	141	3,68%	0,71	0,76	7,04%
Ceuta i Melilla	139	142	2,16%			
Total Estatal	167	171	2,40%	1,11	1,17	5,41%

Fig. A.4. Consum i tarifes de l'aigua potable a les Comunitats Autònomes de l'Estat [65]

Com es pot observar a la figura A.4., l'aigua més barata es troba a les dues Castelles, mentre que l'aigua més cara es troba a les illes Balears, amb 2,06 €/m³, seguit de Canàries i Múrcia. L'aigua a Catalunya es paga més cara que a Madrid, i també està per sobre de la mitjana estatal (1,45 €/m³ enfront d'una mitjana d'1,17 €/m³, que és en el conjunt de l'Estat el preu mitjà unitari del cicle integral de l'aigua).

El preu de l'aigua potable que es paga per al consum domèstic també ha d'incloure les despeses d'abastiment i sanejament. El cost de prestació d'aquests serveis s'ha estimat, l'any 2002, en uns 4200 milions d'euros, la tercera part dels quals correspon a les despeses de clavegueram i depuració.

Cal tenir en compte que la tarifa conté una alta proporció de quotes de servei, que no depenen del volum d'aigua consumit. D'aquesta manera, la despesa mitjana per persona és de 0,09 € per 167 litres consumits, també de mitjana. En habitatges de 4 persones, la despesa es redueix fins a 0,06 € al dia per persona.

L'Estat espanyol té uns preus de l'aigua relativament baixos, comparats amb els dels països del seu entorn. Això succeeix perquè l'aigua no és considerada un bé comercial com els altres, sinó un patrimoni que cal protegir i defensar, i d'aquesta manera, els ciutadans només paguen una part del que costa la seva extracció i preparació per al consum. La Directiva Marc d'Aigües (DMA) europea, adaptada a la legislació espanyola, regula els preus de l'aigua a l'Estat.

A l'apartat legislatiu I de l'Annex es poden consultar més aspectes sobre la DMA i les seves implicacions a Espanya. [18] i [19]



L'accés a l'aigua a l'agricultura espanyola marca la productivitat del conreu. D'aquesta manera, els beneficis per hectàrea de regadiu són 4,4 vegades superiors als beneficis per hectàrea de secà. Així, a Espanya, una hectàrea de secà deixa un marge brut mitjà de 428 €, mentre que una de regadiu permet obtenir 1867 € de mitjana.

La desvinculació dels ajuts procedents de la PAC (Política Agrària Comuna) europea està portant una reorientació productiva en una part important de les zones de rec espanyoles. Això afecta l'ús de l'aigua especialment on el secà és una opció viable. De fet, a l'interior de la Península, conreus de secà com ara la vinya ofereixen grans rendiments.

El replantejament de la política agrària en relació amb l'aigua també s'ha de fer tenint en compte que moltes zones molt deficitàries d'aigua, com ara Múrcia, Andalusia o el sud del País Valencià, tenen precisament conreus de regadiu que necessiten molta aigua, tenint en compte els problemes afegits que això comporta. Un altre argument per fer aquesta reorientació agrària és el fet que una part important de l'aigua consumida a l'agricultura es dedica a conreus d'escassa rendibilitat, tal i com es pot observar a la figura A.5.:

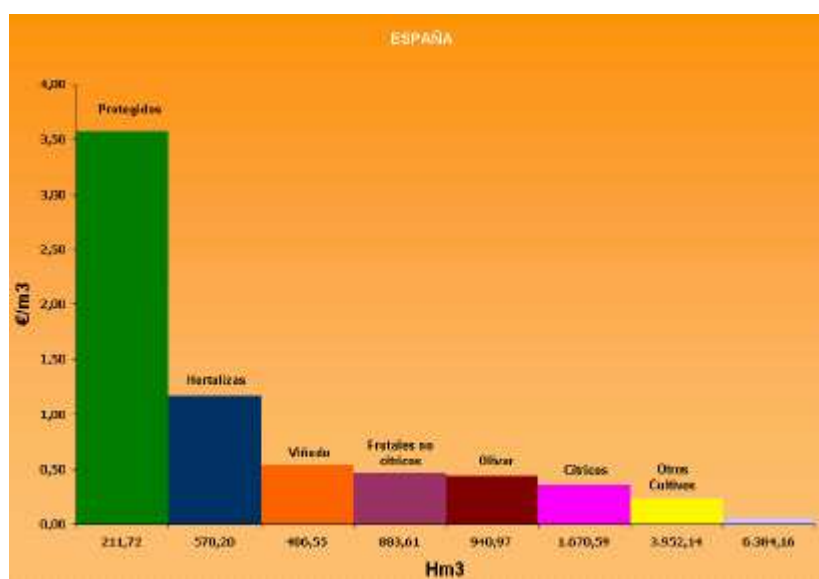


Fig. A.5. Rendibilitat (en €/m³) d'alguns conreus en funció de l'aigua dedicada (en hm³) [65]

Tal i com es pot comprovar a la figura A.5., la relació entre l'aigua dedicada als conreus i la rendibilitat econòmica d'aquests és inversament proporcional. Així, les hortalisses tenen molta més rendibilitat que no pas els cítrics, i sobre tot, els "altres conreus", dedicant-hi tres cops menys aigua.

Per establir els costos de l'aigua a l'agricultura, també cal tenir en compte els costos associats als serveis de distribució de l'aigua de rec. El seu import es va estimar l'any 2002



en uns 1600 milions d'euros, preu on s'inclouen els serveis de captació, extracció, embassament i transport i distribució. Les diferències de preu poden ser molt elevades segons si l'aigua destinada al rec és subterrània o superficial, on la primera resulta molt més cara (500 €/ha/any) que no pas la segona (106 €/ha/any).

Finalment, a la figura A.6. hi ha una relació de les diferents rendibilitats existents a les conques hidrogràfiques peninsulars:

<i>Conca hidrogràfica</i>	<i>< 0,02 €/m³</i>	<i>0,02-0,20 €/m³</i>	<i>0,20-0,40 €/m³</i>	<i>0,40-0,60 €/m³</i>	<i>0,60-1,00 €/m³</i>	<i>1-3 €/m³</i>	<i>> 3 €/m³</i>	<i>Total general</i>
Duero	496	1202	334	113	11	1	0	2158
Ebre	401	1499	768	675	45	23	0	3410
Guadalquivir	733	1151	1012	443	155	21	16	3532
Nord	1	2	0	8	0	0	0	12
Guadiana	1001	496	78	256	62	157	0	2051
Xúquer	119	581	391	583	206	12	8	1900
Segura	54	272	174	271	171	51	19	1013
C.M. Andalusia	97	42	38	11	39	11	93	331
Tajo	299	463	16	47	24	104	0	954
Canàries	7	1	0	0	36	32	0	76
Total general	3208	5710	2812	2407	751	412	137	15437
% consum	21%	37%	18%	16%	5%	3%	1%	100%

Fig. A.6. Hectàrees de regadiu segons la seva rendibilitat i la seva conca hidrogràfica (dades per al 78% de les hectàrees espanyoles corresponents a l'any 2001) [65]



Com es pot veure a la figura A.6., el 58% del consum total d'aigua (la suma de les dues primeres columnes de la taula) només inclou el 12% dels beneficis dels conreus de regadiu a l'Estat. En canvi, mirant les darreres columnes de l'esmentada figura A.6., es pot comprovar que el 24% del consum de l'aigua produeix el 71% del total de beneficis econòmics dels conreus de regadiu. Aquest fet incideix en el fet de la necessària reorientació de la planificació agrícola a Espanya i de la dedicació dels recursos hídrics a l'agricultura estatal.

A.4. Qualitat de l'aigua

En aquest Annex s'analitza la qualitat de l'aigua segons si la finalitat és domèstica, agrícola o bé industrial.

A.4.1. Qualitat de l'aigua potable

La qualitat de l'aigua depèn de la finalitat que aquesta tingui. Així, la qualitat de l'aigua potable ve definida per unes característiques establertes en la Reglamentació Tècnico-Sanitària d'aigües potables de consum públic, derivada del Codi Alimentari Espanyol (CAE). Aquesta legislació inclou normes sobre els cabals mínims a distribuir (de 100 litres per persona i dia), així com de la qualitat exigible a les aigües, i dels controls de qualitat pertinents, freqüència dels mostrejos i els paràmetres analítics que cal determinar.

Tot seguit hi figuren les característiques exigides a la Reglamentació esmentada, que es poden dividir en set grans grups: **[15]**

1. Caràcters organolèptics: Color, terbolesa, olor i sabor
2. Caràcters físicoquímics (en relació amb l'estructura natural de les aigües): Temperatura, conductivitat, concentració dels ions hidrogen, clorur, sulfats, sílice, calci, magnesi, sodi, potassi i alumini, duresa total, concentració d'oxigen dissolt i d'anhídrid carbònic lliure.
3. Caràcters relatius a substàncies no desitjables (quantitats excessives): Nitrats, nitrats, amoni, nitrogen Kjeldahl (N de NO_2 i NO_3 exclosos), oxidabilitat (KmnO_4), carboni orgànic total (TOC), hidrogen sulfurat, substàncies extraïbles al cloroform, hidrocarburs dissolts o emulsionats (després d'extracció per èter) i olis minerals, fenols (índex de fenols), concentració de bor, ferro, manganès, coure, zenc, fòsfor, fluor, cobalt, clor residual, bari i plata, absència de matèries en suspensió, agents tensoactius (que reaccionen amb el blau de metilè) i d'altres compostos organoclorats no inclosos en els caràcters relatius a substàncies tòxiques.



4. Caràcters relatius a substàncies tòxiques: Arsènic, beril·li, cadmi, cianurs, crom, mercuri, níquel, plom, antimoni, seleni, vanadi, plaguicides i productes similars (per substància individualitzada i en total) i hidrocarburs policíclics aromàtics.
5. Caràcters microbiològics: col·lifomes totals, col·lifomes fecals, estreptococus fecals, clostridium sulfitorreductors, recompte dels gèrmens totals a les aigües destinades al consum i recompte dels gèrmens totals per a les aigües acondicionades.
6. Concentració màxima exigida per a les aigües potables de consum públic que hagin estat sotmeses a un tractament d'estovament: Duresa total, concentració de l'ió hidrogen, alcalinitat i oxigen dissolt.
7. Caràcters relatius a radiactivitat: Radiactivitat alfa global i radiactivitat beta global.

ANNEX A. CARÀCTERS ORGANOLÈPTICS				
Paràmetre	Unitats	Nivell guia	Concentració màxima admissible	Observacions
1. Color	mg/L	1	20	
2. Terbolesa	mg/L SiO ₂	1	10	Mesura substituïda en determinades circumstàncies per la de transparència valorada en metres amb el disc de Secchi: - Nivell guia: 6 m - Concentració màx. admissible: 2 m
	Unitats Jackson	0,4	4	
	Unitats nefelomètriques de formacina (UNF)	1	6	
3. Olor	Índex de dilució	0	2 a 12°C 3 a 25°C	Relacionar amb les determinacions del gust
4. Sabor	Índex de dilució	0	2 a 12°C	Relacionar amb les determinacions



			3 a 25°C	olfactives
--	--	--	----------	------------

<i>ANNEX B: CARÀCTERS FÍSICOQUÍMICS (en relació amb l'estructura natural de les aigües)</i>				
Paràmetre	Unitats	Nivell guia	Concentració màxima admissible	Observacions
5. Temperatura	°C	12	25	
6. Concentració en ió hidrogen	Unitat pH	6,5 < pH < 8,5	9,5	L'aigua no hauria de ser agressiva. Els valors de pH no s'apliquen a les aigües acondicionades. Veure Annex F
7. Conductivitat	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 20°C	400	-	En correspondència amb la mineralització de les aigües. Valors corresponents de la resistència específica en ohm/cm: 2500
8. Clorur	mg/L Cl	25	-	Concentració màxima més enllà de la qual hi ha perill que es produeixin efectes: 200 mg/L
9. Sulfats	mg/L SO ₄	25	250	
10. Sílice	mg/L SiO ₂	-	-	
11. Calci	mg/L Ca	100	-	



12. Magnesi	mg/L Mg	30	50	
13. Sodi	mg/L Na	20	150	
14. Potassi	mg/L K	10	12	
15. Alumini	mg/L Al	0,05	0,2	
16. Duresa total	-	-	-	Veure Annex F
17. Residu sec	mg/L després de l'assecat a 180°C	-	1500	
18. Oxigen dissolt	%O ₂ de saturació	-	-	Valor de saturació > 75%, excepte per aigües subterrànies. Veure Annex F
19. Anhídrid carbònic lliure	mg/L CO ₂	-	-	L'aigua no hauria de ser agressiva

ANNEX C. CARÀCTERS RELATIUS A SUBSTÀNCIES NO DESITJABLES
(quantitats excessives)

Paràmetre	Unitats	Nivell guia	Concentració màxima admissible	Observacions
20. Nitrats	mg/L NO ₃	25	50	
21. Nitrits	mg/L NO ₂	-	0,1	
22. Amoni	mg/L NH ₄	0,05	0,5	
23. Nitrogen Kjeldahl (N de NO ₂ i NO ₃)	mg/L N	-	1	



exclosos)				
24. Oxidabilitat (KMnO ₄)	mg/L O ₂	2	5	Mesura feta en calent i en medi àcid
25. Carboni orgànic total (TOC)	mg/L C	-	-	Qualsevol causa d'augment de les concentracions habituals cal que s'investigui
26. Hidrogen sulfurat	mg/L S	-	No detectable des del punt de vista organolèptic	
27. Substàncies extraïbles al cloroform	Residu sec, mg/L	0,1	-	
28. Hidrocarburs dissolts o emulsionats (després d'extracció per èter); olis minerals	µg/L	-	10	
29. Fenols (índex de fenols)	µg/L C ₆ H ₅ OH	-	0,5	Exclosos els fenols naturals que no reaccionen amb el clor
30. Bor	µg/L B	1000	-	
31. Agents tensoactius (que reaccionen amb	µg/L (lauril-sulfat)	-	200	



el blau de metilè)				
32. Altres compostos organoclorats no inclosos al paràmetre 55	µg/L	1	-	La concentració en haloforms s'haurà de reduir en la mesura del possible
33. Ferro	µg/L Fe	50	200	
34. Manganès	µg/L Mn	20	50	
35. Coure	µg/L Cu	100 a la sortida de les instal·lacions de bombeig i/o de preparació de les seves dependències 3000 després de 12 hores d'estancament a la canalització i en el punt de posada a disposició del consumidor	-	Per sobre de 3000 µg/L poden aparèixer sabors astringents, tenyits i corrosions
36. Zenc	µg/L Zn	100 a la sortida de les instal·lacions de bombeig i/o de preparació de les seves dependències 5000 després de 12 hores d'estancament a la canalització i	-	



		en el punt de posada a disposició del consumidor		
37. Fòsfor	$\mu\text{g/L P}_2\text{O}_5$	400	5000	
38. Fluor	$\mu\text{g/L F}$ 8-12°C 25-30°C	-	1500 700	Concentració màxima admissible variable en funció de la temperatura mitjana de l'àrea geogràfica considerada
39. Cobalt	$\mu\text{g/L Co}$	-	-	
40. Matèries en suspensió	-	Absència	-	
41. Clor residual	mg/L Cl	-	-	(Art. 20 Reglamentació)
42. Bari	$\mu\text{g/L Ba}$	100	-	
43. Plata	$\mu\text{g/L Ag}$	-	10	Si, en cas excepcional, es fes un ús no sistemàtic de la plata per al tractament de les aigües, es podrà admetre un valor tolerable de 80 $\mu\text{g/L}$



<i>ANNEX D. CARÀCTERS RELATIUS A LES SUBSTÀNCIES TÒXIQUES</i>				
Paràmetre	Unitats	Nivell guia	Concentració màxima admissible	Observacions
44. Arsènic	µg/L As	-	50	
45. Beril·li	µg/L Be	-	-	
46. Cadmi	µg/L Cd	-	5	
47. Cianurs	µg/L CN	-	50	
48. Crom	µg/L Cr	-	50	
49. Mercuri	µg/L Hg	-	1	
50. Níquel	µg/L Ni	-	50	
51. Plom	µg/L Pb	-	50 (en aigua corrent)	En cas de canalitzacions de plom, el contingut no hauria de ser superior a 50 µg/L en una mostra extreta després del desguàs. Si la mostra que s'extreu supera els 100 µg/L cal adoptar les mesures pertinents per reduir els riscos d'exposició del plom al consumidor
52. Antimoni	µg/L Sb	-	10	
53. Seleni	µg/L Se	-	10	
54. Vanadi	µg/L V	-	-	



55. Plaguicides i productes similars - per substància individualitzada - en total	µg/L	-	-	S'entén per plaguicides i productes similars: els insecticides (organoclorats persistents, organofosforats i carbamats), els herbicides, els fungicides i els PCB i els PCT
		-	0,1	
		-	0,5	
56. Hidrocarburs policíclics aromàtics	µg/L	-	0,2	Substàncies de referència: fluorantè, benzè 3,4-fluorantè, benzè 11,12-fluorantè, benzè 3,4-pirè, benzè 1,12-perilè, indè (1,2,3-ed)-pirè

ANNEX E. CARÀCTERS MICROBIOLÒGICS				
Paràmetres	Resultats volum de la mostra (en mL)	Nivell guia	Concentració màxima admissible	
			Mètode de membranes filtrants	Mètode de tubs múltiples (NMP)
57. Col·lifomes totals	100	-	0	NMP < 1
58. Col·lifomes fecals	100	-	0	NMP < 1
59. Streptococcus fecals	100	-	0	NMP < 1



60. Clostridium sulfitoreductors	20	-	-	NMP < 1
Paràmetres		Resultats del volum de la mostra (mL)	Nivell guia	Concentració màxima admissible
61. Recompte dels gèrmens totals a les aigües destinades al consum	37°C	1	10	-
	22°C	1	100	-
62. Recompte dels gèrmens totals per a les aigües acondicionades	37°C	1	5	20
	22°C	1	20	100

ANNEX F. CONCENTRACIÓ MÀXIMA EXIGIDA PER A LES AIGÜES POTABLES DE CONSUM PÚBLIC QUE HAGIN ESTAT SOTMESES A TRACTAMENT D'ESTOVAMENT

Paràmetres	Unitats	Concentració mínima exigida (aigües "estovades")	Observacions
1. Duresa total	mg/L Ca	60	Calci o cations equivalents
2. Concentració en ió hidrogen	pH	-	-
3. Alcalinitat	mg/L HCO ₃	30	L'aigua no hauria de ser agressiva



4. Oxigen dissolt	-	-	-
-------------------	---	---	---

<i>ANNEX G. CARÀCTERS RELATIUS A LA RADIOACTIVITAT</i>				
Paràmetres	Unitats	Nivell guia	Concentració màxima admissible	Observacions
63. Radioactivitat alfa global	Bequerel·lis/L	0,1	-	-
64. Radioactivitat beta global	Bequerel·lis/L	1	-	-

A.4.2. Qualitat de l'aigua per a ús industrial

Pel que fa a l'aigua per a ús industrial, cal dir que la indústria no té uns criteris fixos de qualitat, ja que depenen de cada tipus d'indústria, i de l'aplicació que tindrà l'aigua en qüestió, ja sigui aigua de procés, per a refrigeració, per a neteja, etc. A la figura A.7. es poden veure els principals usos als quals va destinada l'aigua per a la indústria:

<i>Ús</i>		<i>Fonts acceptables d'aigua</i>
Aigua de qualitat per a procés	Cerveses, begudes carbòniques	Aigua amb contingut mineral mitjà
	Indústria agroalimentària	Aigua potable
	Farmacèutica	Aigua de pou
	Paper blanc	Aigua superficial amb lleugeres impureses



	<p>Tèxtils</p> <p>Tints</p> <p>Productes químics</p>	
Aigua desmineralitzada	<p>Farmacèutics</p> <p>Calderes de mitjana i alta pressió</p> <p>Preparació de banys diversos</p> <p>Rentat de galvanitzats</p> <p>Aigua ultrapura</p> <p>Dessalació per òsmosi inversa</p>	<p>Aigua de pou</p> <p>Aigua superficial amb lleugeres impureses</p>
Aigua de refrigeració en un sistema de recirculació obert	Torres de refrigeració	<p>Aigua superficial amb baix contingut de Cl⁻</p> <p>Aigua residual després de tractament terciari</p>
Aigua de refrigeració en un sistema de pas	Condensadors i intercanviadors	<p>Aigües superficials</p> <p>Aigua de mar</p> <p>Efluent després de tractament</p>
Aigua de rentat de gasos o rentat de producte. Aigua de transport	<p>Rentat de gasos de metal·lúrgia i incineració</p> <p>Rentat de carbons</p>	<p>Aigües superficials decantades</p> <p>Aigua residual després de tractament secundari</p>



Fig. A.7. Principals usos industrials de l'aigua i possibles fonts de l'aigua [15]

A.4.3. Qualitat de l'aigua per a ús agrícola

La qualitat de l'aigua per a ús agrícola depèn en bona part dels diferents tipus de conreu a què vagi destinada l'aigua. A la figura A.8. hi ha una relació de diferents tipus de conreus, que són classificats segons la seva tolerància a la conductivitat de l'aigua de rec, és a dir, la seva tolerància relativa a la salinitat de l'aigua aplicada:

	<i>Tolerants</i>	<i>Moderadament tolerants</i>	<i>Moderadament sensibles</i>	<i>Sensibles</i>
Conreus productors de fibres, llavors i sucre	Civada, cotó, "jojoba", remolatxa sucrera	Avena, cànham, soja, blat tendre, X-Triticosecale	Fava, ricí, blat de moro, lli, cacauet, arròs, canya de sucre, gira-sol	Mongetes i sèsam
Pastures i farratges	Zigadenus, Distichlis, Puccinellia	Civada "nua", brom, herba cinta, trèvol, trèvol dolç	Alfals, Dicanthium asistatum, avena comuna, Sesbania exaltata	
Productes de l'horta	Espàrrecs	Carxofa, remolatxa i carbassó	Brècol, col de Brussel·les, col, col-i-flor, api, blat de moro, cogombre, albergínia, enciam, meló, pebrot, patata, carabassa, rave, espinac, moniato, tomàquet, nap i	Mongetes, pastanaga, ceba i pèsol



			síndria	
Fruiters	Palmera datilera	Figues, olives, papaia, pinya i granada	Raïm	Ametlla, poma, albercoc, xirimoia, cireres, grosella, llimona, llima, mango, taronja, préssec, pera, pruna, gerd i maduixa

Fig. A.8. Tolerància relativa dels conreus agrícoles a la salinitat **[15]**

Per tant, segons el tipus de conreu al qual s'hagi d'aplicar l'aigua, caldrà triar un mètode de dessalació adient a la tolerància de l'esmentat conreu a la concentració de sal que quedi a l'aigua.



B. Capacitat de dessalació

En aquest Annex, s'analitza la capacitat de dessalació, tant a l'àmbit mundial com europeu i estatal, que, per raons d'espai, no s'ha inclòs a la Memòria.

B.1. La capacitat de dessalació al món

La capacitat de dessalació al món ha augmentat molt, donat que aquesta és una tecnologia emergent al planeta, degut a les necessitats hídriques existents. L'any 1970 la capacitat mundial de la dessalació era només d'1,7 hm³/dia, corresponents a plantes d'evaporació molt barates d'instal·lació, però d'un alt consum, utilitzades normalment als vaixells per reduir espai i d'acord amb la tecnologia disponible en aquell moment. No obstant, la crisi del petroli de l'any 1973 fou el revulsiu per a què els països exportadors de petroli, que a més són els països amb més mancances d'aigua, instal·lessin una gran quantitat de plantes d'evaporació acoblades amb plantes de producció elèctrica, el que ha permès l'assentament definitiu de la població en aquestes zones tan àrides del planeta.

Als anys 80, una nova crisi del petroli, i l'aparició de les membranes d'osmosi inversa per a l'aigua del mar, va fer que l'increment de les plantes d'evaporació no fos tan espectacular, a més que la dessalació per altres mètodes es va estendre més enllà del Golf Pèrsic de forma significativa, especialment per a les aigües salobreses.

Els anys 90 han continuat amb la tendència de dècades anteriors, i els processos d'evaporació segueixen essent predominants a l'Orient Mitjà, però a la resta del món l'OI és el procés predominant. La figura B.1. mostra l'evolució mundial de la capacitat total de dessalació.



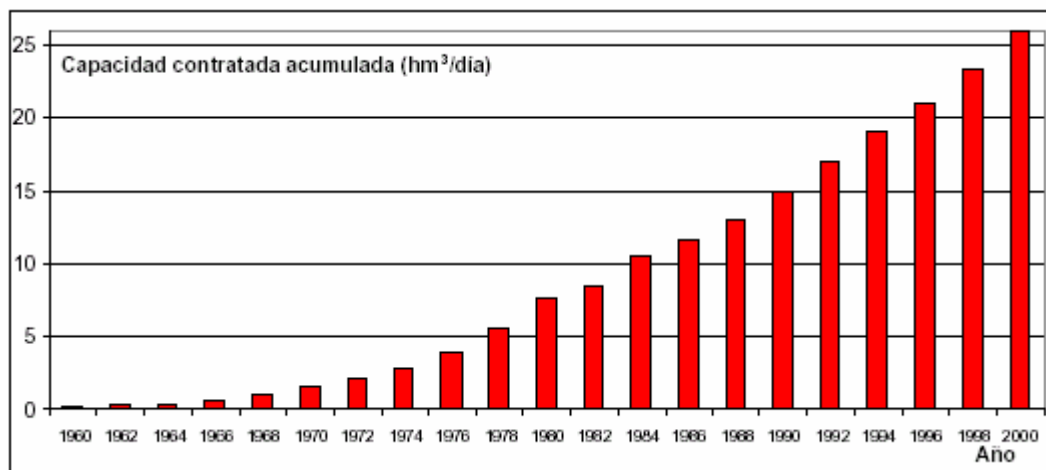


Fig. B.1. Evolució mundial de la capacitat total de dessalació, en hm³/dia [14]

Com es pot veure a la figura B.1., l'evolució fins l'any 2000 ha seguit una trajectòria parabòlica, és a dir, l'augment és cada cop més gran, i aquesta tendència es manté en els primers anys del segle XXI.

La capacitat de dessalació al món actualment és d'uns 23 hm³/dia, un augment molt gran enfront dels 1,7 hm³/dia que es registraven a començament del 1970. Això dona una idea de la gran expansió de les tecnologies de dessalació al món. D'aquesta quantitat, gairebé un 60% correspon a dessalació d'aigua del mar. A la figura B.2. es poden apreciar els diferents tipus d'aigua que es fan servir per dessalar actualment al món:

<i>Tipus d'aigua</i>	<i>Capacitat (m³/dia)</i>	<i>Percentatge</i>
Mar	13.342.496	58,8%
Salobrosa	5.826.832	25,7%
Riu	1.359.236	6,0%
Pura	1.112.214	4,9%
Residual	994.492	4,4%
Salmorra	49.728	0,2%



Desconeguda	50.002	0,2%
Total	22.684.998	

Fig. B.2. Capacitat instal·lada de dessalació segons el tipus d'aigua d'alimentació [15]

Els països del Golf Pèrsic són els que tenen més capacitat de dessalació actualment. L'Aràbia Saudita és el país del món amb més capacitat de dessalació (acumula un 24,4% del total mundial). A la figura B.3. es pot apreciar una gràfica amb la producció dels principals països dessaladors del món.

Com es pot comprovar a la figura B.3., el principal país dessalador és l'Aràbia Saudita, amb gairebé 6,5 hm³/dia de producció, una quarta part del total de producció al món. El segon país són els Estats Units d'Amèrica, amb uns 5,6 hm³/dia de producció. El tercer país, molt a prop dels nord-americans, són els Emirats Àrabs Units, amb 5,4 hm³/dia. Ja a molta distància d'aquestes tres potències en dessalació, el quart Estat productor és un altre país del Golf Pèrsic: Kuwait, lleugerament per sobre dels 2 hm³/dia, i el cinquè Estat ja és l'Estat espanyol, amb aproximadament 1,8 hm³/dia.



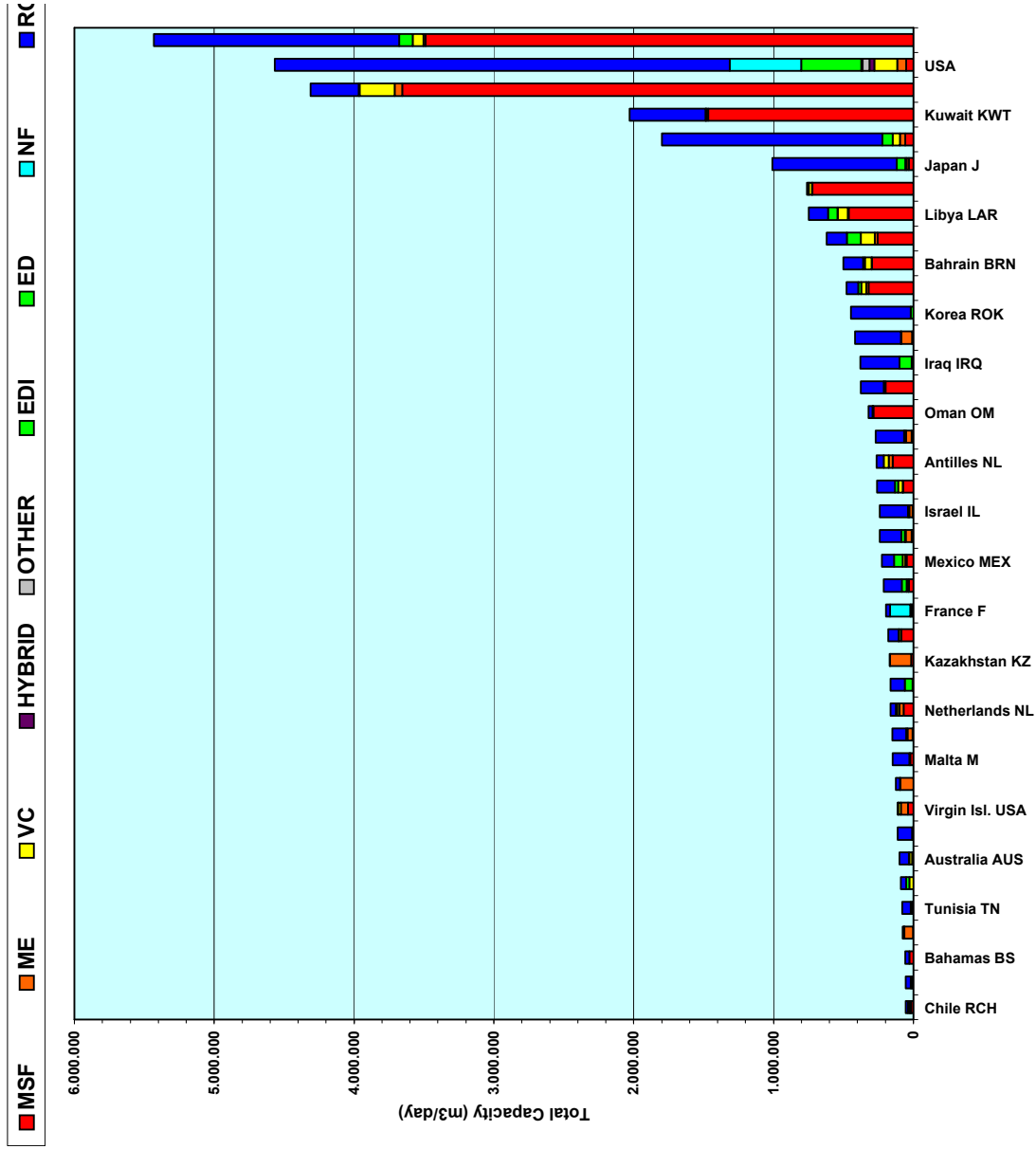


Fig. B.3. Capacitat dels principals països en dessalació, en m³/dia [3]

Regió	Capacitat instal·lada (m³/dia)	Percentatge (%)
Orient Mitjà	11.325.958	49,8%
Amèrica del Nord	3.546.872	15,6%



Europa	2.480.844	10,9%
Àsia	2.266.884	10,0%
Àfrica	1.304.182	5,7%
Altres	1.179.223	5,2%
Amèrica Central	532.375	2,3%
Austràlia	98.662	0,4%

Fig. B.4. Distribució mundial de la capacitat de dessalació per continents **[15]**

A la figura B.4. es pot veure la capacitat de dessalació per continents. L'Orient Mitjà, amb els països del Golf Pèrsic al capdavant, és la zona geogràfica amb més capacitat dessaladora, acumulant gairebé la meitat del total de capacitat mundial.

Segons dades de l'IDA (Associació Internacional de Dessalació), l'any 2000 hi havia 13600 plantes dessaladores al món, distribuïdes entre 120 països. **[43]** En aquest cas, pel que fa a nombre d'unitats instal·lades, el primer lloc l'ocupen els Estats d'Units d'Amèrica, ja que tenen plantes de grandària més petita, comparades amb les dels països del Golf Pèrsic. L'Aràbia Saudita ocupa el segon lloc, i Espanya torna a ser cinquena en aquesta classificació. **[3]**

Tot seguit, s'analitzen diferents dades sobre la dessalació a diferents zones i continents del món.

B.1.1. Orient Mitjà i Nord d'Àfrica

Com s'ha dit anteriorment, la tecnologia per evaporació MSF és predominant a aquesta zona del món respecte de la resta de tècniques d'aquestes tecnologies, tal i com es pot apreciar a la gràfica següent, amb un 80% aproximadament del total de l'aigua marina dessalada per processos MSF, com es pot veure a la figura B.5.:



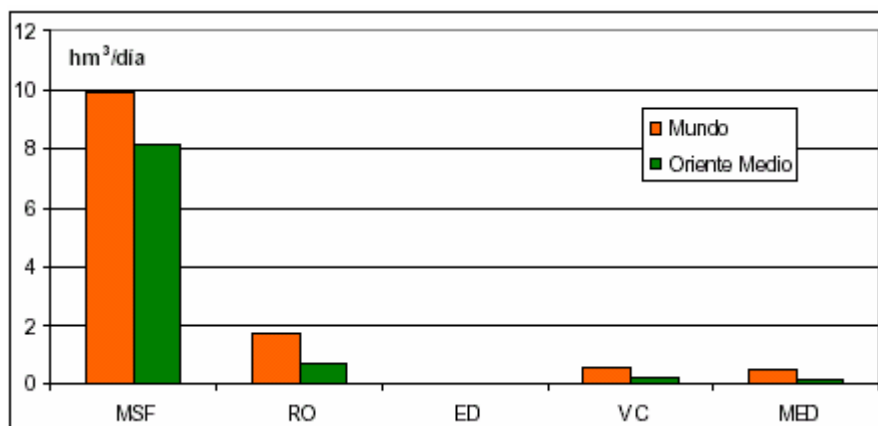


Fig. B.5. Comparativa de diferents tècniques dessaladores a l'Orient Mitjà i el món [14]

A la figura B.6., es pot veure la capacitat dessaladora dels principals països de l'Orient Mitjà i del Magrib, i el pes de cada mètode de dessalació en cadascun d'ells:

<i>País</i>	<i>MSF (m³/dia)</i>	<i>MED (m³/dia)</i>	<i>CV (m³/dia)</i>	<i>OI (m³/dia)</i>	<i>ED (m³/dia)</i>	<i>Total (m³/dia)</i>
Aràbia Saudita	3486985	17870	75512	1751191	97776	5429334
Algèria	125222	955	33525	83946	19976	263624
Bahrain	581420	1135	47264	140526	13914	784259
Egipte	33652	2577	12350	139133	33385	221097
Iran	319769	18210	34478	85874	20710	479041
Iraq	10824	1175	-	232051	88563	332613
Israel	7191	21028	2604	196739	6578	234140
Jordània	-	-	1100	7726	1537	10363
Kuwait	1468750	11672	150	166472	5093	1652137



Líban	520	-	14670	3200	-	18390
Líbia	462575	6456	71489	138430	69264	748214
Mauritània	3000	-	1654	-	-	4654
Marroc	7002	-	8064	-	1404	16470
Oman	329927	4200	14019	28837	896	377879
Palestina	-	-	-	2246	-	2246
Qatar	782901	3642	21334	13811	-	821688
Somàlia	-	-	120	288	-	408
Síria	-	-	-	6983	1983	8966
Sudan	226	750	900	-	-	1876
Tunísia	336	240	4820	58615	-	64011
UAE	4468769	9346	474505	174553	5102	5132275
Iemen	2400	61506	250	7411	3330	74887
TOTAL						16678852

Fig. B.6. Capacitat dessaladora dels principals països de l'Orient Mitjà [14]

Els països amb més capacitat dessaladora són, com es pot veure, l'Aràbia Saudita i la Unió d'Emirats Àrabs (UAE).

B.1.2. Estats Units d'Amèrica

El creixement de la dessalació als darrers anys als EEUU ha estat el més important del món. La majoria de les plantes dessaladores funcionen en aquell país amb osmosi inversa amb aigües salobres com a font d'alimentació. A la figura B.7., es pot observar una llista de les noves dessaladores en funcionament als Estats Units des de 1980:



<i>Localització</i>	<i>Estat</i>	<i>Capacitat (m³/dia)</i>	<i>Procés</i>	<i>Tipus d'aigua</i>
Chandler	Arizona	10500	OI/NF	Salobrosa
El Segundo	Califòrnia	92000	OI/MF	Residual
Riverside	Califòrnia	24800	OI	Salobrosa
Saratoga	Califòrnia	23000	MF	Deteriorada
Water Factory 21	Califòrnia	23000	OI	Salobrosa/mar
Dunedin	Florida	44100	OI	Salobrosa
Hollywood	Florida	82800	OI/NF	Salobrosa
Napples	Florida	55200	OI/NF	Deteriorada
Sanibel	Florida	21600	OI	Salobrosa
Kemole Weir	Hawaii	36800	MF	Residual
Mt. Pleasant	South California	31300	OI	Salobrosa
Sherman	Texas	27600	EDR	Deteriorada
Newport News	Virgínia	26250	OI	Salobrosa

Fig. B.7. Principals plantes de dessalació als EEUU d'Amèrica **[14]**

Pel que fa a l'Amèrica Central, cal dir que, malgrat que els volums dessalats en aquesta regió no són significatius respecte el total del món, la dessalació a les illes del Carib ha solucionat els seus greus problemes d'abastament a la seva colònia turística. Existeixen nombroses plantes de capacitat reduïda a països com Bahames, Antigua, Barbados o les illes Verges, en la seva majoria amb tecnologia MED, CV i OI.



B.1.3. Àsia i Oceania

A la figura B.8. es pot veure la capacitat dessaladora als països més importants d'aquella zona del planeta, on també es fa referència al procés dessalador que es fa servir, l'ús que es dedica a l'aigua dessalada i el tipus d'aigua d'alimentació:

<i>País</i>	<i>Capacitat (m³/dia)</i>	<i>Procés</i>	<i>Ús</i>	<i>Tipus d'aigua</i>
Austràlia	84000	64% OI 18% CV 12% MSF+ME	45% Indústria 33% Electricitat 15% Municipal	70% Salobrosa 18% Residual 10% Mar
Xina	182000	85% OI 15% MSF+ME	55% Indústria 40% Electricitat 5% Consum	50% Salobrosa 20% Pura 30 % Riu, residual
Japó	129885	88% OI 6,5% ED 3,5% MSF 1,8% ME	53% Indústria 47% Consum	Principalment mar i salobrosa
Corea	180000	> 90% OI Resta ED	100% Indústria incloent electricitat	Pura > Salobrosa > Residual > Riu

Fig. B.8. Capacitat dessaladora dels principals països asiàtics [14]

A la Xina, la millora del nivell de vida pot portar problemes per a l'abastament d'aigua. A l'Índia, cal destacar que s'han anat construint als darrers anys centenars de petites plantes dessaladores (de 10 a 30 m³/dia de capacitat), aprofitant les aigües dels rius o salobreses que hi ha en diferents punts del país per abastar la seva població.



B.1.4. Europa

Espanya és l'Estat europeu amb una capacitat dessaladora més gran. En referència a la resta, cal destacar que és a la zona de la Mediterrània on es concentra la principal activitat de dessalació. D'aquesta manera, illes com Xipre i Malta tenen ben desenvolupades aquestes tecnologies.

Itàlia té una capacitat de dessalació destacada. Hi destaquen les illes de Sardenya i Sicília, amb petites plantes MSF i CV. Grècia i Turquia també tenen petites plantes OI generalment per abastar les seves illes de la mar Egea.

Finalment, Alemanya i Àustria tenen plantes de reutilització d'aigües residuals o de producció d'aigua ultrapura per a processos industrials, sense fer-se servir per al consum humà.

Pel que fa als països fabricants de plantes dessaladores, la distribució canvia respecte els països consumidors d'aquestes unitats de dessalació. Es pot veure la nova classificació a la figura B.9.:

<i>Regió</i>	<i>Capacitat (m³/dia)</i>	<i>Percentatge (%)</i>
Europa	5.772.442	33,5%
Àsia	5.735.369	33,3%
Estats Units	4.622.510	26,8%
Orient Mitjà	897.000	5,2%
Altres	205.021	1,2%
Total	17.232.342	

Fig. B.9. Distribució mundial de la fabricació de plantes de dessalació **[15]**

Com es pot veure a la figura B.9., els fabricadors són europeus, asiàtics i nord-americans, amb gairebé un terç tots tres, i el principal consumidor de dessalació, l'Orient Mitjà, només fabrica un 5,2% de les plantes dessaladores del món.



Pel que fa a les tecnologies utilitzades, el pes específic que tenen els països del Golf Pèrsic, on encara les tecnologies per evaporació són predominants, en la dessalació mundial, fa que encara tinguin un pes molt gran en el total mundial. De tota manera, l'evolució és clarament cap a l'hegemonia de l'osmosi inversa (OI), com es pot comprovar a la figura B.10.:

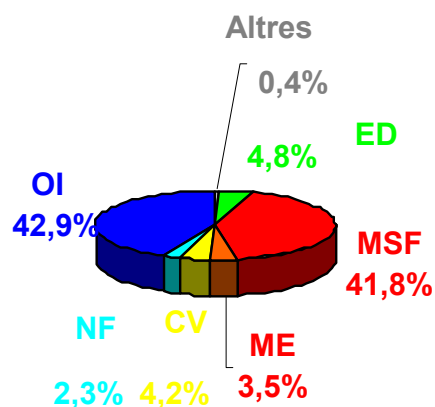


Fig. B.10. Distribució mundial de les noves tecnologies emprades per a la dessalació [3]

Com es pot veure a la figura B.10., l'osmosi inversa ja és la tecnologia majoritària, superant l'evaporació multietapa (MSF), que és la que es fa servir als països del Golf Pèrsic. En els últims anys s'ha produït un tomb a favor de l'osmosi inversa. Així, l'any 1993 l'evaporació multietapa era la majoritària, amb un 51,5%, i ha baixat fins a un 41,8%. Per contra, l'any 1993 l'osmosi inversa representava un 38,5% del total, i ara és la tecnologia més emprada, amb un 42,9%, una evolució significativament a l'alça. En tercer lloc, hi ha l'electrodiàlisi (ED), amb un 4,8%. La compressió de vapor (CV), amb un 4,2%; l'evaporació multiefecte (ME), amb un 3,5%; i la nanofiltració (NF), amb un 2,3%, són les altres tecnologies emprades, que darrerament van agafant més importància, tot i que no es preveu que aconseguixin ser hegemòniques a curt o mitjà termini.

A la figura B.3., a més de la classificació dels països més dessaladors, es pot veure amb els diferents colors les tecnologies més emprades a cada país. Mentre als països de l'Orient Mitjà la tècnica majoritària és l'evaporació multietapa, a la resta del món és l'osmosi inversa la tecnologia més emprada en la dessalació.



B.2. La dessalació a l'Estat espanyol

Les primeres instal·lacions dessaladores implantades a l'Estat espanyol tenen la seva localització a les illes Canàries i a Ceuta. [9] Algunes d'elles van ser desmantellades, i d'altres han estat readaptades a les tecnologies més usuals actualment. Llavors, la tecnologia dominant, com a la resta del món, era l'evaporació, amb unitat d'evaporació multietapa (MSF) acoblades a plantes duals.

L'any 1980, amb l'aparició de les membranes d'osmosi inversa, comença el desenvolupament i la implantació d'aquesta tecnologia a l'Estat. Els anys 90 han significat la consolidació definitiva de l'osmosi inversa, degut a diversos motius:

- El consum elèctric és el menor, d'entre els casos possibles.
- El cost energètic depèn de la salinitat de l'aigua d'alimentació.
- La seva modularitat permet gran flexibilitat per a les ampliacions.
- Els costos d'inversió són menors que en les altres tecnologies.

L'oferta elèctrica espanyola ha pogut suportar l'augment provocat pel consum elèctric derivat en aquestes instal·lacions, encara que també cal tenir en compte l'aparició de sistemes de recuperació d'energia que redueixen sensiblement el consum elèctric a les esmentades instal·lacions. [68] La liberalització dels preus de l'energia elèctrica a Espanya també ha contribuït a l'hegemonia de l'osmosi inversa a l'Estat, tal i com es pot veure a la figura B.11.:

<i>Mètode de dessalació</i>	<i>Percentatge d'ús sobre el total</i>
OI	87,3 %
ED	4,1 %
MSF	3,1 %
CV	2,7 %
ME	2,3 %
NF	0,4 %



Fig. B.11. Distribució espanyola de les noves tecnologies emprades per a la dessalació **[3]**

Com es pot veure a la figura B.11., l'osmosi inversa és la clara tecnologia dominant per a la dessalació a Espanya, amb un 87,3% de la producció total. L'electrodiàlisi (ED), amb un 4,1%, és a molta distància, la segona tècnica més utilitzada. Les tecnologies basades en l'evaporació ocupen un lloc discret a l'Estat: l'evaporació multietapa (MSF), un 3,1% de la producció; la compressió de vapor (CV), un 2,7%; i l'evaporació multiefecte (ME), un 2,3%. Per últim, la nanofiltració (NF) acumula el 0,4% del total de la producció d'aigua dessalada a l'Estat espanyol.

Els recursos hídrics a l'Estat espanyol són de 2775 m³/habitant i any, una quantitat per sobre del llindar d'escassetat d'aigua, la gran demanda d'aigua existent a zones amb agricultura intensiva de regadiu i infraestructura turística fa que les plantes dessaladores siguin una solució urgent per satisfer aquestes necessitats.

El 70% de la dessalació a Espanya es fa a partir d'aigua del mar, principalment a les unitats de dessalació públiques, mentre que el 30% de la dessalació té com a font d'alimentació les aigües salobreses, d'origen subterrani o bé procedents d'embassaments amb aigües salines, essent aquesta última via l'escollida per les dessaladores privades, de manera majoritària. **[6]**

A l'Estat espanyol existeixen actualment més de 700 plantes dessaladores en funcionament, les quals, en conjunt, sumen una capacitat total de més de 2 milions de m³/dia d'aigua dessalada. A la figura B.12. es pot veure l'evolució als darrers anys de la capacitat total de dessalació a l'Estat, i les previsions pels propers anys:



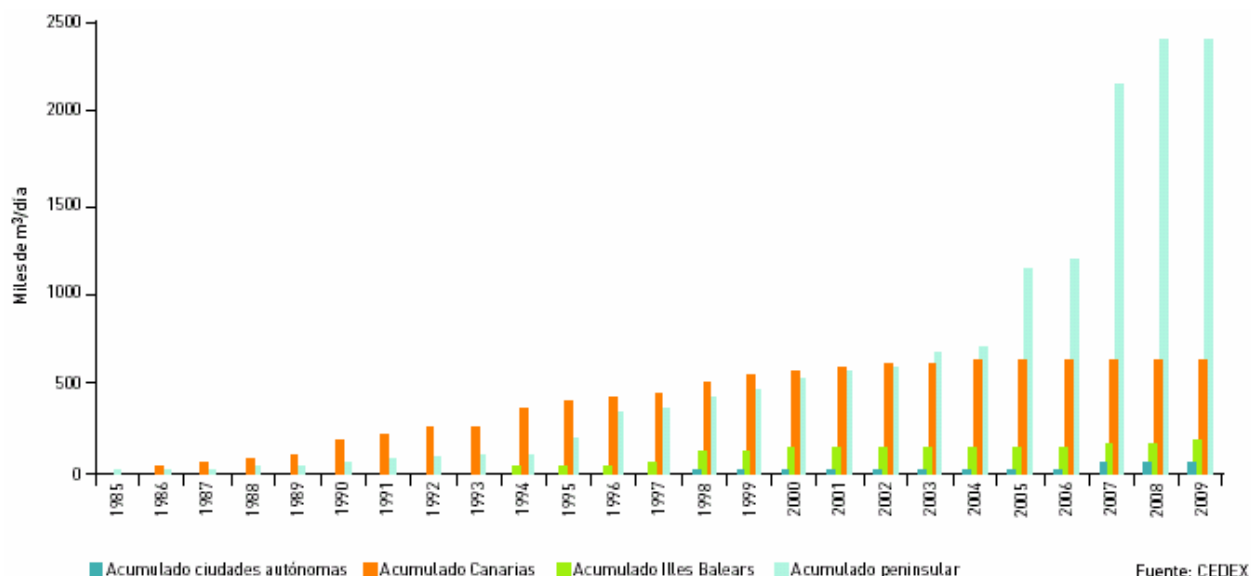


Fig. B.12. Evolució de la capacitat anual de dessalació a l'Estat espanyol, en milers de m^3/dia , fins el 2005, i previsions fins el 2009 [6]

Com es pot observar a la figura B.12., l'evolució de la capacitat de producció ha augmentat molt en els darrers anys. De tota manera, les previsions apunten a què l'any 2007 haurà suposat un salt molt gran en la capacitat dessaladora, un cop finalitzades les obres de les noves plantes incloses al programa AGUA, i que en breu es posaran en funcionament, al llarg de la conca mediterrània.

De fet, el creixement de la dessalació a Espanya és sostingut a l'alça des de fa molts anys. El 1990, la capacitat dessaladora era de $0,1 \text{ hm}^3/\text{dia}$. Deu anys després, el 2000, la producció va augmentar fins els $0,7 \text{ hm}^3/\text{dia}$. L'any 2004 la producció era ja d' $1,4 \text{ hm}^3/\text{dia}$. Actualment, ja es produeix a l'Estat més de $2 \text{ hm}^3/\text{dia}$, i les previsions apunten a què l'any 2009 la capacitat dessaladora serà de $3,4 \text{ hm}^3/\text{dia}$.

Per Comunitats Autònomes, cal destacar la producció dessaladora a les illes Canàries, que va ser on es va construir la primera planta, i la que més ha desenvolupat aquesta tecnologia. A la figura B.13., es pot veure quina és la capacitat de cada Comunitat de dessalació:



<i>Comunitat Autònoma</i>	<i>Capacitat de dessalació (m³/dia)</i>	<i>Percentatge (%)</i>
Canàries	662.374	32,96%
Andalusia	466.044	23,19%
Múrcia	258.148	12,85%
País Valencià	258.120	12,84%
Balears	150.946	7,51%
Catalunya	119.998	5,97%
Castella-La Manxa	32.076	1,60%
Ceuta	32.000	1,59%
Castella i Lleó	8.828	0,44%
Melilla	7.290	0,36%
Aragó	5.629	0,28%
Extremadura	2.700	0,13%
Astúries	1.000	0,05%
Navarra	960	0,05%
País Basc	956	0,05%
Madrid	800	0,04%
Galícia	752	0,04%
La Rioja	720	0,04%
Cantàbria	201	0,01%
Total estatal	2.009.542	100%



Fig. B.13. Capacitat instal·lada de dessalació operativa l'any 2006 a l'Estat espanyol [6]

Com es pot veure a la figura B.13., sis Comunitats Autònomes acumulen gairebé tota la capacitat dessaladora a Espanya. Les illes Canàries, amb gairebé un terç de la producció total, són el primer territori de l'Estat en dessalació. Les comunitats mediterrànies (Andalusia, Múrcia, País Valencià, illes Balears i Catalunya) són els altres indrets on les tecnologies dessaladores s'estan implantant amb força.

Els usos de l'aigua dessalada a l'Estat espanyol són bàsicament per al consum domèstic, seguit de l'ús per a l'agricultura, l'industrial i el turístic, on s'inclou l'aigua que necessiten les infraestructures turístiques costaneres a la Mediterrània i als arxipèlags. Les xifres es poden veure a la figura B.14.:

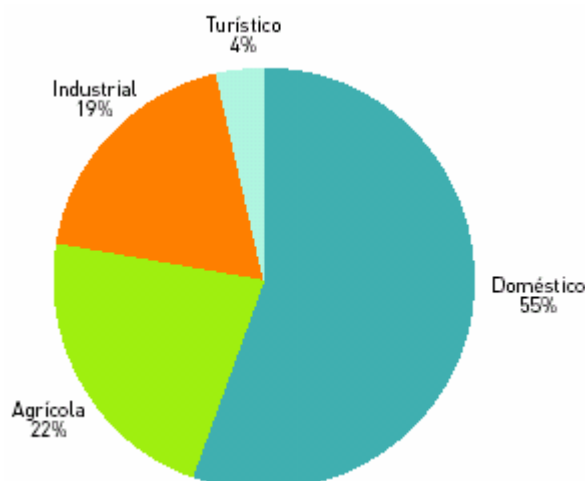


Fig. B.14. Usos de l'aigua dessalada a l'Estat espanyol [6]

B.2.1. Canàries

Canàries és la Comunitat de tot l'Estat on els processos de dessalació han experimentat un desenvolupament més gran. La primera planta dessaladora d'aigua del mar a Espanya es va posar en marxa a Lanzarote l'any 1964, procedent de la base naval de Guantánamo, amb una capacitat de producció de 2500 m³/dia utilitzant com a procés l'evaporació multietapa (MSF). Des de llavors, s'han instal·lat moltes plantes amb sistemes de dessalació diferents, concentrades a les illes orientals de l'arxipèlag. A partir dels anys setanta, s'assisteix a un procés paral·lel de construcció de plantes dessaladores públiques, portades a terme per les institucions insulars, amb l'objectiu de l'abastiment a la població, i dessaladores privades, per a l'abastiment d'establiments hotelers i conjunts residencials i regadius.



L'evolució de la capacitat de dessalació a les Canàries en els darrers 20 anys queda reflexada a la figura B.15.:

<i>Any</i>	<i>Capacitat de producció (m³/dia)</i>	<i>Producció anual (hm³)</i>
1987	140000	51,1
1995	195000	71,2
1997	310672	113,2
2000	435672	158,7
2006	662374	240

Fig. B.15. Evolució de la capacitat de dessalació a les illes Canàries [9]

Cal remarcar que les aigües obtingudes mitjançant dessalació d'aigua marina són el recurs principal per a l'abastiment a poblacions de Lanzarote i Fuerteventura on no hi ha disponibilitat de recursos alternatius.

Pel que fa a la resta, ambdues illes tenen una de les despeses d'aigua per habitant més baixes d'Espanya (80 L/hab/dia), en contrast amb el consum mitjà en zona turística de les illes més grans o de les regions mediterrànies, que s'eleva fins a 250 L/hab/dia. A l'illa de Gran Canària, el 90% de la població s'abasteix amb aigua dessalada, i en aquesta illa hi ha 2/3 de la capacitat total i del nombre de dessaladores de tota la Comunitat Canària, en contrast amb el que passa a l'altra gran illa canària, Tenerife, on la dessalació encara està en procés d'implantació a l'illa.

El rendiment de les plantes dessaladores, és a dir, l'aigua que es pot aprofitar sobre el total de capacitat de producció, per a l'ús de la població està entre el 90 i el 92% de la capacitat teòrica de les instal·lacions d'osmosi inversa, mentre que descendeix al 75-80% en la resta de sistemes.

B.2.2. Ceuta

Ceuta va ser la primera ciutat de l'Estat que va disposar d'una planta dessaladora d'aigua del mar amb la finalitat d'abastiment. Es tractava d'una planta amb capacitat per tractar 4000



m³/dia i amb sistema de tractament d'evaporació súbita etapa (MSF). Aquella primera planta va fracassar, degut als problemes de gestió de la ciutat, és a dir, unes tarifes inadequades, moltes pèrdues i sense garantia de funcionament amb un elevat grau d'ús.

Avui, hi ha una planta amb capacitat per tractar 20000 m³/dia, un cop superades totes aquestes complicacions, pròpies d'un sistema novell a la ciutat autònoma.

B.2.3. Illes Balears

La dessalació a les illes Balears s'ha desenvolupat als darrers anys amb l'objectiu d'obtenir recursos no convencionals per a l'abastiment de poblacions degut a l'important desenvolupament del turisme a les darreres dècades a l'arxipèlag.

El 1985 va començar a funcionar la dessaladora a Ca Marí (Formentera), una petita planta, amb capacitat de 500 m³/dia, funcionant per osmosi inversa.

Aquesta producció ha anat augmentant, degut sobre tot als problemes d'abastiment de l'aigua dels nuclis de població de la badia de Palma. De fet, durant uns anys, fins el 1997, va tenir lloc l'anomenada "Operació Vaixell", que consistia en transportar en aquest mitjà part de l'aigua a la desembocadura del riu Ebre fins a Mallorca.

La inauguració d'una nova dessaladora a Eivissa, o la posada en marxa de la nova dessaladora Palma-Calvià a Mallorca, ha disparat la capacitat de dessaladora balear.

La figura B.16. mostra l'evolució de la capacitat de producció d'aigua dessalada a les illes Balears:

<i>Any</i>	<i>Capacitat dessaladora amb aigua del mar (m³/dia)</i>	<i>Capacitat dessaladora amb aigües salobreses (m³/dia)</i>
1985	500	-
1994	9500	-
1995	11500	30000
1996	19500	30000
1998	61500	30000
2006	112494	38452



Fig. B.16. Evolució de la capacitat de dessalació a les illes Balears [9]

Com es pot concloure després de veure aquestes dades, la dessalació s'ha convertit a les illes Balears en un factor clau en la planificació del desenvolupament turístic futur.

B.3. La dessalació a Catalunya

Catalunya representa el 6% del total d'aigua dessalada a l'Estat, amb una capacitat de dessalació de 120 mil m³/dia. [27] Aquesta capacitat augmentarà degut als projectes que s'han engegat recentment.

De fet, la que serà la planta dessaladora més important del país es troba en construcció, al Prat de Llobregat, amb una capacitat de 60 hm³ anuals, per abastir l'àrea metropolitana de Barcelona, i està localitzada a prop de l'actual depuradora del Baix Llobregat. [59] Es preveu que entri en funcionament l'any 2009, i cobrirà el 20% de l'aigua que es consumeix a l'àrea metropolitana de Barcelona. La mesura pretén afavorir els dèficits hídrics que s'hi ha vingut donant, i també servirà per reduir l'aigua d'extracció del riu Ter, i en menor mesura, del Llobregat, per tal de fer augmentar el cabal d'aquests dos rius. El rendiment d'aquesta dessaladora serà d'un 40%, i funcionarà amb osmosi inversa.

Així mateix, un altre projecte dessalador inclòs al programa AGUA del Ministeri de Medi Ambient és l'ampliació de la planta dessaladora de la Tordera, amb una capacitat anual de 10 hm³ anuals. Estarà ubicada entre els municipis de Malgrat de Mar, al Maresme, i Blanes, a la comarca de La Selva. A la figura 2.17. es pot observar un plànol corresponent a les noves infraestructures previstes per millorar la gestió dels recursos hídrics a Catalunya.



Fig. B.17. Actuacions previstes per millorar els recursos hídrics a Catalunya [16]



Actualment, a Catalunya ja hi ha plantes dessaladores d'una capacitat més reduïda, concentrades sobre tot a Barcelona, Tarragona i Vandellòs. A Badalona es va instal·lar la primera unitat de dessalació, encara que la primera dessaladora amb una capacitat superior no va arribar fins el 1977, a Tarragona. Aquesta unitat produeix 2880 m³/dia, i funciona mitjançant la tècnica de l'osmosi inversa, com les altres plantes dessaladores construïdes des d'aleshores al país.



C. Canvi climàtic

En aquest Annex s'amplien diferents qüestions indicades al capítol 5 de la Memòria referides al canvi climàtic globalment, així com una ampliació de la informació referida al canvi climàtic a la Mediterrània: [7]

C.1. Introducció al canvi climàtic

El canvi climàtic és un procés en curs. Gràcies al progrés realitzat amb l'aparició de nous avenços científics, s'ha pogut documentar de forma detallada la variabilitat del clima durant els últims 500 mil anys.

Les anàlisis realitzades determinen que la diferència de pocs graus en la mitjana de la temperatura anual de la Terra pot comportar impactes de tota mena, que poden afectar singularment les glaceres, el nivell del mar, el règim i la distribució de precipitacions i els patrons de la biodiversitat.

C.1.1. Causes del canvi climàtic

El clima de la Terra està influït per un flux continu d'energia procedent del sol. Aquesta energia arriba principalment en forma de llum visible. Prop del 30% es dispersa immediatament i torna a l'espai, però la major part del 70% restant travessa l'atmosfera per escalfar la superfície de la Terra.

La Terra ha de retornar aquesta energia a l'espai en forma de radiació infraroja. En ser molt menys calenta que el sol, la Terra no emet energia com a llum visible. En canvi, emet una radiació infraroja o tèrmica. Aquesta és la calor que emet una graella elèctrica abans que les barres comencin a posar-se incandescents.

Els gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera impedeixen que la radiació infraroja escapi directament de la superfície a l'espai. La radiació infraroja no pot travessar directament l'aire com la llum visible. En canvi, la majoria de l'energia sortint és transportada des de la superfície pels corrents d'aire, i acaba escapant a l'espai des d'altituds per sobre de les capes més espesses de la manta de gasos d'efecte hivernacle.

Les activitats humanes alliberen gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera. Els principals gasos d'efecte hivernacle són: [7]

a) El vapor d'aigua



És el factor que més contribueix a l'efecte natural de l'hivernacle. L'activitat humana no influeix directament en la seva presència a l'atmosfera. Tot i això, el vapor d'aigua participa en el canvi climàtic perquè és una important "resposta positiva". L'aire més càlid pot mantenir una humitat més gran, i els models climàtics prediuen que un petit escalfament mundial causaria un augment en els nivells mundials de vapor d'aigua, el que s'afegiria a l'efecte ampliat d'hivernacle.

Com que és particularment difícil formular un model dels processos climàtics relacionats amb els núvols i les pluges, l'abast exacte d'aquesta resposta fonamental segueix sent incerta.

b) El diòxid de carboni (CO₂)

El CO₂ es produeix quan es fan servir combustibles fòssils per generar energia, i quan es talen o es cremen boscos. És actualment responsable de més del 60% de l'efecte hivernacle. Aquest gas es dona naturalment a l'atmosfera, però la combustió de petroli, carbó i gas natural està alliberant el carboni emmagatzemat en aquests combustibles fòssils a una velocitat sense precedents. Anàlogament, la desforestació allibera el carboni emmagatzemat als arbres.

Les emissions anuals actuals s'eleva a més de 23 mil milions de tones mètriques de diòxid de carboni, és a dir, gairebé l'1% de la massa total de CO₂ de l'atmosfera. El diòxid de carboni produït per l'activitat humana penetra en el cicle natural del carboni. Cada any, s'intercanvien de forma natural molts milers de milions de tones de carboni entre l'atmosfera, els oceans i la vegetació terrestre. Els intercanvis en aquest sistema natural massiu i complex estan equilibrats amb precisió.

Els nivells de CO₂ semblen haver variat en menys del 10% durant els més de 10 mil anys que van precedir a la industrialització. Malgrat això, en els 200 anys que han transcorregut des del 1800, els nivells han augmentat en més del 30%. Encara que la meitat de les emissions de diòxid de carboni produïdes per l'activitat humana és absorbida pels oceans i la vegetació terrestre, els nivells atmosfèrics segueixen augmentant en més del 10% cada 20 anys.

c) El metà (CH₄)

Els nivells de metà ja han crescut en un factor de 2,5 durant l'era industrial. Les principals fonts d'aquest poderós gas d'hivernacle són l'agricultura, en concret els camps d'arròs inundats i l'expansió de la cria de bestiar. També hi contribueixen les emissions de l'abocament de substàncies de rebuig i les fugues de l'extracció de carbó i producció de gas natural. El metà s'elimina de l'atmosfera per reaccions químiques que són molt complicades de modelitzar i predir.



El metà de les emissions passades actualment contribueix en un 20% a l'efecte hivernacle. El ràpid augment del metà va començar més recentment que el del CO_2 , però la contribució del metà l'ha anat igualant progressivament. No obstant, el metà té un temps de vida atmosfèric efectiu de només 12 anys, mentre que el CO_2 persisteix durant un període molt més perllongat.

d) L'òxid nitrós (N_2O), l'ozó (O_3) i els halocarbons i altres gasos industrials

Contribueixen en conjunt al 20% restant de l'efecte ampliat d'hivernacle.

Les activitats agrícoles, els canvis en l'ús de la terra i altres factors són els causants d'emissions de metà i òxid nitrós. Els nivells de N_2O han augmentat en un 16%, principalment degut a una agricultura més intensiva.

Els procediments industrials alliberen productes químics artificials anomenats halocarbons (CFC, HFC, PFC) i altres gasos de vida perllongada com ara l'hexafluorur de sofre (SF_6). Al mateix temps que els fluorocarbons (CFC) s'estan estabilitzant, degut als controls d'emissions introduïts en el marc del Protocol de Montreal per protegir la capa d'ozó estratosfèric, els nivells de gasos de vida perllongada com els HFC, els PFC i l' SF_6 estan en augment.

L'ozó a l'atmosfera baixa està generat indirectament pels escapaments dels automotors i altres fonts. Els nivells d' O_3 s'estan elevant en algunes regions de la capa inferior de l'atmosfera degut a la contaminació de l'aire, fins i tot si disminueixen a l'estratosfera.

Els aerosols constitueixen una altra important influència humana en el clima. Aquests núvols de partícules microscòpiques no són gasos d'hivernacle. A més de les diferents fonts naturals, estan produïdes pel diòxid de sulfur emès principalment per les centrals d'energia, i pel fum procedent de la desforestació i la combustió de les sobres dels conreus. Els aerosols desapareixen de l'aire després de pocs dies, però són emesos en quantitats tan important que tenen un efecte substancial en el clima.

La majoria d'aerosols refreden el clima en el pla local, en dispersar la llum del sol de tornada a l'espai i afectar els núvols. Les partícules d'aerosol poden bloquejar directament la llum del sol i també creen les condicions per a què es formin els núvols, i amb freqüència, aquests núvols tenen un efecte de refredament. A les regions intensament industrialitzades, el refredament causat pels aerosols pot contrarestar gairebé totalment els augments de l'efecte d'escalfament dels gasos d'hivernacle fins llavors.

A la figura C.1. es poden observar les evolucions temporals de les concentracions de tres dels gasos que tenen més relació amb l'efecte hivernacle: CO_2 , CH_4 i N_2O , al llarg de l'últim mil·lenni.



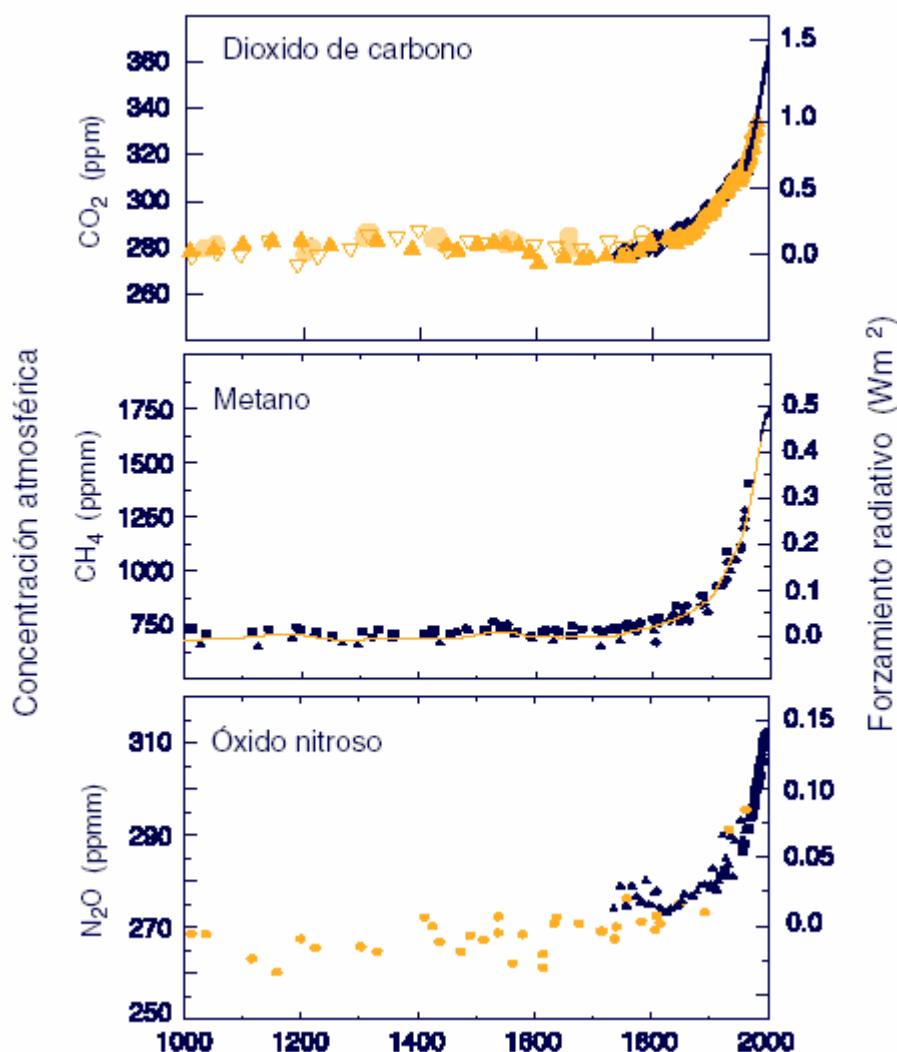


Fig. C.1. Gràfica de la concentració atmosfèrica de CO₂, CH₄ i N₂O (en ppm), amb indicació a la dreta del forçament radiatiu (Wm²), en funció dels anys [7]

Com es pot veure a la figura C.1., la concentració dels tres gasos ha augmentat dràsticament en els darrers 150 anys, els de l'era industrial, fet que demostra la implicació de les activitats humanes en l'augment d'aquests gasos, que provoquen l'efecte hivernacle, l'escalfament del planeta, i finalment, el canvi climàtic que se'n deriva.

Les emissions de gasos d'hivernacle produïdes per l'home ja han pertorbat el balanç mundial d'energia en prop de 2,5 Watts per metre quadrat. Això equival aproximadament a l'1% de l'energia solar entrant neta que dirigeix el sistema climàtic. Tot i que sembla que un 1% no sigui gaire, si s'afegeix a tota la superfície de la Terra, representa l'energia alliberada per la combustió d'1,8 milions de tones de petroli cada minut, o més de 100 vegades el ritme



mundial de consum comercial d'energia. Com que els gasos d'hivernacle són només un subproducte del consum de l'energia, és una paradoxa que el volum d'energia que la humanitat fa servir en realitat sigui molt poc comparat amb l'efecte dels gasos d'hivernacle en els corrents d'energia naturals en el sistema climàtic.

De cara al futur, l'evolució de les emissions de gasos amb efecte hivernacle dependrà de les tendències demogràfiques, econòmiques, tecnològiques i socials al món. Els economistes plantegen hipòtesis de futur, per estudiar les mesures que caldria prendre si aquestes es compleixen. Els models del cicle del carboni projecten per l'any 2100 concentracions de CO₂ de 490 a 1260 ppm, és a dir, d'un 75 a un 350% per sobre dels nivells pre-industrials. Els canvis projectats en el metà oscil·len entre un -10% i un 120%, i els augments de l'òxid nítrós, entre un 13 i un 47%.

L'augment dels gasos d'efecte hivernacle ja està canviant el clima. En el moment d'absorbir les radiacions infraroges, aquests gasos controlen la manera en què l'energia natural flueix a través del sistema climàtic. En resposta a les emissions causades per l'home, el clima ha començat a ajustar-se a una "manta més espessa" de gasos d'efecte hivernacle, amb l'objectiu de mantenir l'equilibri entre l'energia que arriba del sol i la que torna a escapar-se a l'espai.

Les observacions mostren que les temperatures mundials s'han apujat en 0,6 °C durant el segle XX. Hi ha proves noves que demostren que la major part de l'escalfament observat als darrers 50 anys pot atribuir-se a activitats humanes. El nivell mitjà del mar s'ha elevat entre 10 i 20 centímetres. La capa de neu a les latituds mitjanes i elevades de l'Hemisferi Nord ha disminuït un 10% des de finals dels anys 1960. Per tant, la manera com ha canviat el clima durant el segle XX s'ajusta a les projeccions realitzades arran de l'augment dels gasos hivernacle i dels aerosols.

A la figura C.2., es pot observar l'evolució de la temperatura mitjana de la Terra als darrers 140 anys.



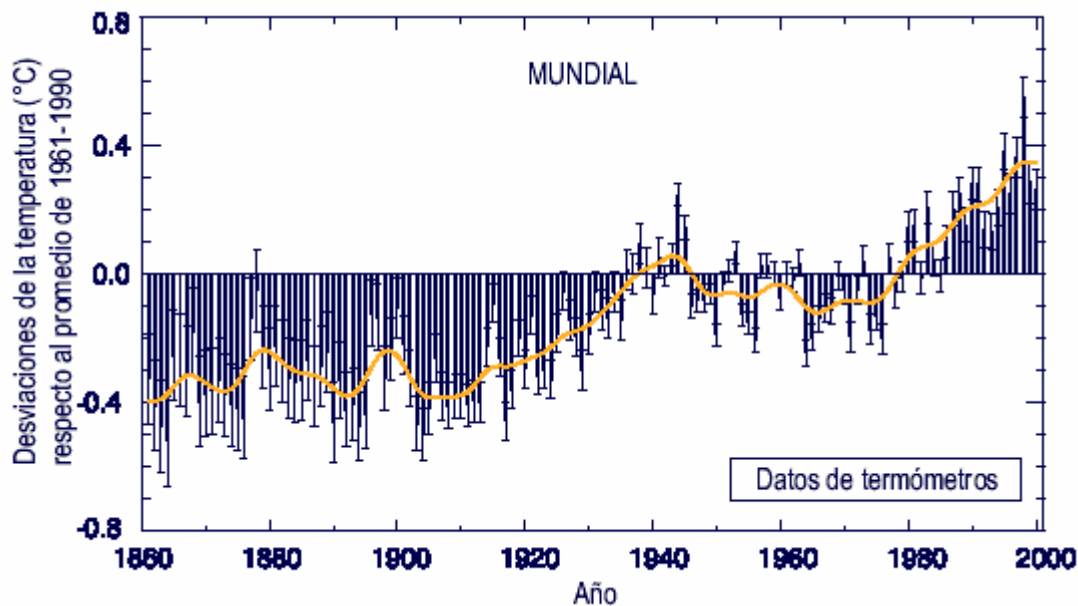


Fig. C.2. Variacions de la temperatura de la superfície de la Terra durant els darrers 140 anys [7]

Com es pot comprovar a la figura C.2., les desviacions o variacions de temperatura han anat en augment, amb una tendència a l'alça durant els darrers 20 anys. Aquesta mateixa tendència és la que pronostica l'escalfament de la Terra durant el segle XXI.

C.1.2. Conseqüències i riscos del canvi climàtic

Els models climàtics prediuen que la temperatura mundial pujarà entre 1,4 i 5,8 °C per a l'any 2100. [46] Aquest canvi seria molt més important que qualsevol canvi climàtic experimentat com a mínim en els darrers 10 mil anys. A la figura C.3. es pot veure el gràfic sobre aquesta dràstica pujada tèrmica.



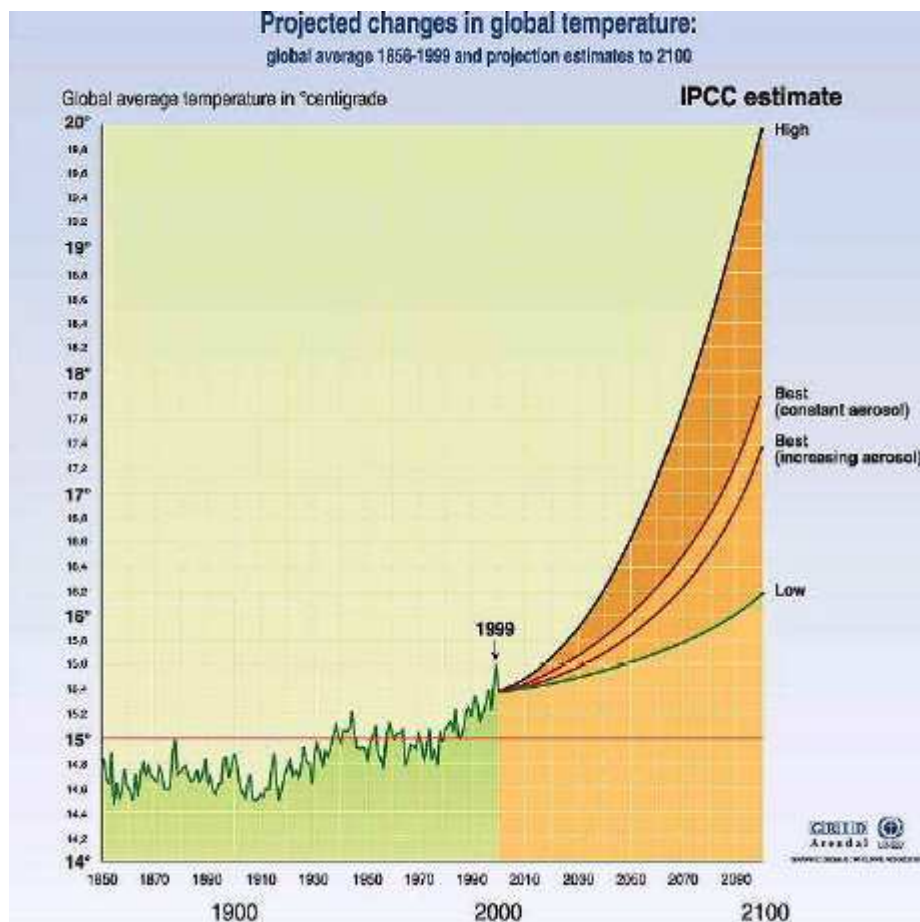


Fig. C.3. Evolució de la temperatura global a la Terra des de l'any 1900 i projecció fins el 2100, a càrrec del Panell Internacional sobre el canvi climàtic (IPCC) [58]

La projecció es basa en una àmplia gamma d'hipòtesis sobre les principals forces que provoquen les futures emissions, com ara el creixement demogràfic i el canvi tecnològic, però no reflexa els esforços per controlar les emissions degut a les preocupacions que suscita el canvi climàtic.

Hi ha moltes incerteses sobre l'escala i els impactes del canvi climàtic. Degut als efectes de retard causat pels oceans, les temperatures de la superfície no responen immediatament a les emissions de gasos d'efecte hivernacle, de manera que el canvi climàtic pot continuar durant centenars d'anys, un cop s'hagin estabilitzat les concentracions atmosfèriques.

El canvi climàtic probablement ha de tenir un efecte significatiu en el medi ambient mundial. En general, com més ràpidament canviï el clima, més gran serà el risc de danys. Es preveu que el nivell mitjà del mar augmenti de 9 a 88 centímetres per l'any 2100, i causi inundacions a les zones de terres baixes, així com altres danys. Entre d'altres efectes podria esmentar-se un augment de les precipitacions mundials i canvis en la gravetat o freqüència dels episodis



extrems. Les zones climàtiques podrien desplaçar-se cap als pols, i verticalment, pertorbant els boscos, deserts, prats i altres ecosistemes no subjectes a ordenació. Com a resultat, molts han de reduir-se o fragmentar-se, i algunes espècies concretes podrien extingir-se.

Les conseqüències del canvi climàtic poden afectar moltes activitats humanes i recursos naturals: la seguretat alimentària, l'agricultura, la demografia, el nivell de mars i oceans, la diversitat biològica i els ecosistemes, la salut humana, els recursos hídrics, els assentaments humans, la indústria i l'energia, o l'avenç de la desertització són només alguns casos en què el canvi climàtic hi tindrà una intervenció important.

Tot seguit hi ha les previsions realitzades per a cadascun dels camps següents, amb la seva afectació degut al canvi climàtic:[7]

a) L'agricultura

L'agricultura mundial ha de fer front a molts problemes a les properes dècades. La degradació dels sòls i els recursos hídrics pot crear grans pressions en la consecució de la seguretat alimentària a les poblacions en ple creixement. El canvi climàtic pot tenir un paper cabdal en el futur de l'agricultura, ja que si l'escalfament terrestre supera els 2,5 °C, sí que es podria reduir l'oferta mundial d'aliments i contribuir a un augment del preu dels mateixos.

Algunes regions agrícoles es veuran amenaçades pel canvi climàtic, mentre que d'altres en podrien treure beneficis. Els efectes en la producció i la productivitat dels conreus han de variar considerablement. Un sòls més secs i una temperatura en augment podrien reduir fins i tot en un terç la producció a les zones tropicals i subtropicals, on els conreus ja estan a prop de la seva tolerància màxima a la calor. Les zones mitjanes continentals, com els Estats Units, grans àrees d'Àsia, de l'Àfrica negra i d'Austràlia haurien d'experimentar, segons les projeccions, condicions més seques i càlides. En canvi, un allargament de les temporades de sembra i un augment de les pluges podrien impulsar la producció en moltes regions de climes temperats. De fet, les constants ja apunten que la temporada s'ha començat a allargar al Regne Unit, els països escandinaus, la resta d'Europa i l'Amèrica del Nord.

Les temperatures més elevades han d'influir a les pautes de producció. Alguns conreus podrien resultar perjudicats per l'augment de temperatures, sobre tot si això està combinat amb escassetat d'aigua. Les males herbes podrien expandir-se fins a hàbitats de latituds més elevades. També hi ha algunes proves que asseguren que l'expansió cap als pols dels insectes i les malalties de les plantes agreujaria el risc de pèrdues de conreus.

La humitat del sòl es veurà afectada pel canvi de les pautes de les precipitacions. Les alteracions del cicle hidrològic poden beneficiar alguns territoris, tornant el terra més humit, però en d'altres regions, ja propenses a la sequera, aquests canvis poden comportar períodes secs més llargs i severs.



Una superior quantitat de CO₂ a l'atmosfera pot impulsar la productivitat agrícola. En principi, els nivells més elevats d'aquest gas haurien d'estimular la fotosíntesi en determinades plantes, sobre tot al blat, l'arròs, la civada o la patata. Si la concentració de CO₂ augmentés en un 50%, la producció d'aquests conreus podria elevar-se d'un 15% en condicions òptimes. Altres conreus, propis de les zones tropicals, com ara el blat de moro o la canya de sucre, es veurien beneficiats, però en menor mesura.

b) Els recursos hídrics

El canvi de les pautes de les precipitacions ja està afectant els abastiments d'aigua. Cada cop cauen més pluges torrencials i neus intenses a les latituds mitjanes i altes de l'hemisferi Nord, com ara l'Europa de l'Est, el Canadà o Califòrnia, alhora que han disminuït en zones tropicals i subtropicals d'ambdós hemisferis, com ara al Níger, el Senegal o el Txad, on l'aigua total disponible ha disminuït entre un 40 i un 60%.

Com més sec és el clima, més sensible és la hidrologia local. Als climes secs, canvis relativament petits de la temperatura i les precipitacions poden causar canvis relativament grans a les aigües que s'escolen. Per tant, les regions àrides i semiàrides seran molt sensibles a la disminució de pluges i a la major evaporació i transpiració de les plantes. Molts models climàtics projecten una reducció de les precipitacions a les regions ja seques de l'Àsia central, l'Àfrica meridional, Austràlia i també de la Mediterrània, com es pot veure a l'apartat 5.2 de la Memòria.

Els embassaments també resultaran afectats. L'emmagatzematge d'aigua artificial podria disminuir en la mesura que les pluges extremes estimulen la sedimentació, i d'aquesta manera, redueixen la capacitat de dipòsit.

Juntament amb aquests canvis, aquestes noves condicions poden influir directament en la magnitud de les inundacions i les sequeres que pot patir el planeta, i per tant, en la disminució de les fonts d'aigua dolça disponibles per a usos domèstic, industrial, agrícola, etc.

Un efecte calculable de la pujada del nivell de mars i oceans és que la interfície entre l'aigua dolça i la salada es traslladarà cap a l'interior, fet que tindrà impactes significatius en la vida de les persones de regions costaneres o illes petites: els aqüífers costaners d'aigua dolça podrien quedar contaminats per una intrusió salina en la mesura que s'eleva l'aigua subterrània salada. El moviment dels estuaris situats al front de l'aigua salada afectaria les centrals de bombeig d'aigua dolça riu amunt, la pesca i l'agricultura de la zona.

Un menor abastiment d'aigua crearia una tensió addicional per a les poblacions, l'agricultura i el medi ambient. Es calcula que actualment, uns 1700 milions de persones, aproximadament un terç de la població mundial, viu en països on hi ha manca de recursos hídrics. Segons les



previsions, aquesta xifra augmentaria fins als 5000 milions de persones en aquesta situació, l'any 2025. Les regions més vulnerables a aquesta situació són les regions àrides i semiàrides, algunes costes baixes, els deltes i les petites illes. El canvi climàtic pot comportar tensions polítiques i econòmiques a les regions més afectades per l'escassetat d'aigua.

c) La salut humana

Es preveu que el canvi climàtic tingui conseqüències a llarg termini per a la salut humana. La salut pública depèn de suficients aliments, aigua potable segura, habitatges segurs, bones condicions socials i un entorn ambiental i social adaptat per controlar les malalties infeccioses. Tots aquests factors poden veure's afectats pel clima.

Les onades de calor estan vinculades a les malalties cardiovasculars, respiratòries i d'altres tipus. Es pot preveure que augmentin les malalties i morts degudes a aquestes causes, especialment les persones grans i els pobres de les ciutats. Encara que es projecta que els problemes més greus per a la salut es produeixin a les ciutats de latituds mitjanes i elevades, els hiverns més suaus en els climes més temperats probablement reduirien les morts relacionades amb el fred a alguns països. Una superior freqüència d'una meteorologia càlida o calorosa, les inversions tèrmiques (un fenomen meteorològic que podria demorar la dispersió dels contaminants) i els incendis en el medi silvestre també podrien agreujar la qualitat de l'atmosfera a moltes ciutats.

En reduir els abastaments d'aigua dolça, el canvi climàtic podria afectar els recursos hídrics i el sanejament. Això, a la vegada, podria reduir l'aigua disponible per beure i rentar. També disminuiria l'eficiència dels sistemes locals de clavegueram, el que portaria a una major concentració de bacteris i altres microorganismes en els subministraments d'aigua no depurada. L'escassetat d'aigua podria obligar a les poblacions a fer servir fonts d'aigua dolça de qualitat inferior, com ara els rius, que amb freqüència estan contaminats. Tots aquests factors donarien com a resultat una major incidència de les malalties diarreiques.

Un augment en la freqüència o intensitat dels episodis meteorològics extrems representaria una amenaça. Les onades de calor, les inundacions, les tempestes i les sequeres poden causar morts i lesions, fam, el desplaçament de poblacions, brots de malalties i perturbacions ecològiques. Si bé els científics no saben en quina mesura el canvi climàtic ha d'afectar la freqüència de les tempestes, projecten que algunes regions experimentaran majors inundacions o sequeres. A més, es preveu que les inundacions costaneres s'agreugin degut a l'augment del nivell del mar, tret que se'n millorin les defenses.

La seguretat alimentària podria veure's afectada a les regions vulnerables. La disminució local de la producció d'aliment conduiria a una major malnutrició i fam, amb conseqüències en la salut a llarg termini, especialment per als nens.



Les majors temperatures podrien alterar la distribució geogràfica d'espècies que transmeten malalties. En un món més càlid, els mosquits, els escarabats i els rossegadors podrien expandir les seves zones de distribució a latituds i altituds més elevades. Els models d'impacte del canvi climàtic indiquen que els principals canvis en les possibilitats de transmissió del paludisme o malària han de produir-se en els límits (en allò que fa referència a l'altitud i la latitud) de les actuals zones exposades al risc del paludisme; en general les poblacions d'aquestes zones frontereres no hauran desenvolupat la immunitat a la malaltia. La transmissió estacional i la distribució de moltes altres malalties que es transmeten pels mosquits (com ara la febre groga) i les garrapates (malaltia de Lyme, síndrome pulmonar hantavirus, encefalitis transmesa per les garrapates) també podrien veure's afectades pel canvi climàtic. A més, els canvis induïts pel clima en la formació i la persistència del pol·len, les espores i alguns contaminants podrien promoure més malalties asmàtiques, desordres al·lèrgics i malalties cardiorespiratòries.

Els mars més càlids també podrien contribuir a la propagació de malalties. Els estudis realitzats amb la utilització de la teledirecció han indicat una relació entre els casos de còlera i la temperatura de la superfície del mar a la Badia de Bengala. Hi ha també proves d'una associació entre el fenomen d'"El Niño" (que escalfa les aigües del Pacífic sud-occidental) i les epidèmies de paludisme. Una major producció de patògens i biotoxines aquàtiques podria posar en perill la seguretat dels mariscos. Les aigües més càlides també augmentarien l'aparició de floracions d'algues tòxiques.

Les poblacions hauran d'adaptar-se o intervenir per reduir al mínim aquests majors riscos per a la salut. Es disposa de moltes mesures eficaces. El més important, urgent i econòmic en funció dels costos és reconstruir la infraestructura que s'ha deteriorat en els últims anys a alguns països. Moltes malalties i problemes de salut pública que poden veure's magnificats pel canvi climàtic podrien prevenir-se eficaçment amb suficients recursos financers i humans. Les estratègies d'adaptació poden incloure la vigilància de les malalties infeccioses, els programes de sanejament, la preparació per a desastres, un millor control de l'aigua i la contaminació, un ensenyament públic dirigit al comportament personal, la capacitat dels investigadors i professionals de la salut i la introducció de tecnologies de protecció com ara milliores a l'habitatge, l'aire acondicionat, la depuració d'aigua i la vacunació.

L'avaluació dels possibles efectes del canvi climàtic en la salut presenta moltes incerteses. Els investigadors han de considerar no només els futurs escenaris del canvi climàtic, sinó també factors climàtics. Per exemple, les tendències en les condicions socioeconòmiques poden tenir importants efectes en la vulnerabilitat de la població. Resulta clar que les comunitats pobres seran més vulnerables als efectes del canvi climàtic en la salut que les comunitats més riques.

d) El nivell de mars, oceans i zones costaneres



El nivell mitjà de la mar mundial s'ha elevat de 10 a 20 cm als darrers 100 anys. El ritme d'augment ha estat d'1-2 mm per any, és a dir, deu vegades més ràpidament que el ritme observat als darrers 3000 anys. És probable que gran part d'aquest augment es relacioni amb un augment de $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ en la temperatura mitjana mundial de la capa inferior de l'atmosfera des del 1860. Actualment, s'estan detectant efectes relacionats, entre ells un escalfament de les temperatures de la superfície del mar, la fusió del gel dels mars, una major evaporació i canvis en la xarxa alimentària marina.

Els models projecten que els nivells de la mar s'elevaran uns altres 9 a 88 cm per l'any 2100. Això passarà degut a l'expansió tèrmica de l'aigua oceànica en procés d'escalfament i una afluença d'aigua dolça de les glaceres i gels en procés de fusió. La velocitat, la magnitud i orientació del canvi en el nivell del mar ha de variar segons el lloc i la regió, en resposta a les característiques de la línia de costa, els canvis en les corrents oceàniques, les diferències en les pautes de mareas i la densitat de l'aigua del mar, així com els moviments verticals de la pròpia Terra. Es preveu que el nivell del mar segueixi augmentant durant centenars d'anys després que les temperatures atmosfèriques s'estabilitzin.

Les zones costaneres i les petites illes són molt vulnerables. A les darreres dècades, les costes s'han modificat i urbanitzat intensament, la qual cosa les fa encara més vulnerables a un augment del nivell del mar. Els països en desenvolupament, amb les seves economies i institucions més febles, estan exposats als riscos més greus, però les zones costaneres baixes dels països desenvolupats poden veure's també greument afectades. Ja ens els darrers 100 anys, el 70% de les línies de costes amb sorra ha estat reroceint.

Les inundacions i l'erosió costanera s'agreuarien. La intrusió d'aigua salada ha de reduir la quantitat i la qualitat de l'abastament d'aigua dolça. L'augment del nivell del mar podria també causar episodis extrems com ara mareas altes, tempestes sobtades i onades marines sísmiques (tsunamis) que causin major destrucció. L'elevació del nivell del mar ja està contaminant les fonts subterrànies d'aigua dolça a Israel i Tailàndia, en els petits atolons o plataformes disperses a través del Pacífic i l'Oceà Índic i la Mar del Carib, i en alguns dels deltes més productius del món, com ara el Delta Iang-Tzè de la Xina i el Delta Mekong del Vietnam.

L'augment del nivell del mar podria afectar greument sectors econòmics fonamentals. Una gran quantitat d'aliments es produeix a zones costaneres, el que les fa particularment vulnerables a la pesca, l'aqüicultura i l'agricultura. Altres sectors més exposats a riscos són el turisme, els assentaments humans i les assegurances (que ja han patit pèrdues sense precedents últimament, degut a episodis climàtics extrems). L'augment previst del nivell del mar inundaria gran part de les terres baixes del món, perjudicant les terres de conreu i desplaçant milions de persones de les comunitats costaneres i de petites illes.



Aquest augment del nivell del mar també pot amenaçar la salut humana. El desplaçament de les comunitats de zones inundades, particularment les que tenen escassos recursos, augmentaria el risc de diverses infeccions, i malalties psicològiques i d'altres tipus. Els insectes i altres vectors transmissors de malalties es dispersarien a les noves zones. La pertorbació dels sistemes de sanejament, el drenatge de l'aigua de tempestes i l'evacuació de clavegueram també tindrien conseqüències per la salut.

Alguns valuosos ecosistemes estarien exposats a greus riscos. Les zones costaneres contenen alguns dels ecosistemes més diversos i productius del món, el que inclou els boscos de manglars, els coralls i les algues marines. Els deltes de terres baixes, els atolons i els coralls són particularment sensibles als canvis en la freqüència i intensitat de les pluges i tempestes. Els coralls generalment creixeran amb suficient rapidesa per ajustar-se a l'augment del nivell del mar, però podrien ser afectats per les temperatures marines més càlides.

Els ecosistemes oceànics també podrien resultar afectats. A més del major nivell del mar, el canvi climàtic ha de reduir la capa de gel del mar; a les darreres dues dècades s'han mesurat disminucions de fins el 14% a l'Àrtic, i des de mitjan 1950 a principis de 1970, s'ha registrat una disminució del 25% a l'Antàrtic. El canvi climàtic també alterarà les pautes de circulació oceànica, la barreja vertical d'aigües i les pautes de les onades. Es pot preveure que aquests canvis afecten la productivitat biològica, la disponibilitat de nutrients i l'estructura i funcions ecològiques dels ecosistemes marins. El canvi de temperatura també causaria desplaçaments geogràfics en la diversitat biològica, particularment a les regions de latitud elevada, en les quals augmentaria el període de conreus (sempre que la llum i els nutrients romanguessin invariables). Qualsevol canvi en l'activitat del plàncton podria afectar la capacitat dels oceans per absorbir i emmagatzemar carboni. Aquest podria "respondre" al canvi climàtic, moderant o impulsant aquest canvi.

Diverses forces naturals influiran en els efectes de l'augment del nivell del mar. Les zones costaneres són sistemes dinàmics. La sedimentació, les defenses físiques o biòtiques (com els coralls) i altres condicions locals han d'interactuar amb l'augment de l'aigua del mar. Per exemple, les fonts d'aigua dolça a les zones costaneres seran més o menys vulnerables segons el canvi de l'afluència d'aigua dolça i el volum del cos d'aigua dolça. La supervivència de les zones humides salines i els boscos de manglars dependrà en part que la sedimentació augmenti a més o menys velocitat que el nivell del mar en el pla local. És més probable que la sedimentació superi l'augment del nivell del mar a les regions riques en sediments a Austràlia, en què els forts corrents de marea redistribueixen els sediments, que en els entorns amb pocs sediments com al Carib.

Les activitats humanes també hi contribuiran. Les carreteres, els edificis i altres infraestructures podrien limitar o afectar la resposta natural dels ecosistemes costaners a



l'augment del nivell del mar. A més, la contaminació dels dipòsits de sediments i el desenvolupament de la terra han d'influir en la manera en què les aigües costaneres responguin als efectes del canvi climàtic i el compensin.

Es disposa de moltes opcions de política per adaptar-se a l'augment del nivell del mar. Com que estan en joc valors ambientals, econòmics, socials i culturals molt sensibles, alguns efectes indirectes poden ser inevitables. Entre les possibles estratègies d'intervenció, poden esmentar-se la protecció de dics, el restabliment de les dunes, la creació de terres humides, normes d'habitatges (nous codis d'edificació, protecció dels ecosistemes amenaçats) i una retirada planificada (reglamentacions contra noves urbanitzacions costaneres). Alguns països com ara Austràlia, Xina, Japó, Països Baixos, Regne Unit o EEUU ja han dissenyat corredors de retirada en els quals se suprimiran les edificacions per permetre que les terres humides es desplacin cap a l'interior. Altres respostes específiques són la protecció dels ports, l'enfortiment de la gestió de la pesca i la millora de les normes de disseny per les estructures davant les costes.

e) La diversitat biològica i els ecosistemes

La diversitat biològica, font d'un enorme valor ambiental, econòmic i cultural, es veurà amenaçada pel ràpid canvi climàtic. La composició i distribució geogràfica dels ecosistemes ha de canviar a mesura que les espècies responguin a les noves condicions creades pel canvi climàtic. Al mateix temps, els hàbitats podrien degradar-se i fragmentar-se en resposta a altres pressions humanes. Les espècies que no puguin adaptar-se amb suficient rapidesa podrien extingir-se, el que representaria una pèrdua irreversible.

Les espècies i els ecosistemes ja han començat a respondre a l'escalfament mundial. Els científics han observat canvis induïts pel clima com a mínim en 420 processos físics i espècies o comunitats biològiques. D'entre els canvis, poden esmentar-se l'arribada més aviat de les aus migratòries a la primavera, i la seva partida més tard a la tardor, una perllongació de la temporada de cultiu europea, de 10,8 dies, per als horts d'espècies combinades controlats des de 1959 a 1983, un període de reproducció més aviat a la primavera per a moltes aus i amfibis, i el moviment cap al Nord de papallones, grills i mosques que són sensibles al fred.

Els boscos s'adapten lentament a l'evolució de les condicions. Les observacions, els experiments i els models demostren que el funcionament i la composició dels boscos es veuria afectada per un augment sostingut de només 1°C en la temperatura mitjana mundial. La composició de les espècies als boscos actuals canviarà, i podrà establir-se una nova combinació d'espècies, i per tant, nous ecosistemes. Entre altres tensions causades per l'escalfament, hi figuraran més plagues, patògens i incendis. Com que es preveu que les latituds més elevades han d'escalfar-se més que les latituds equatorials, els boscos boreals



estaran més afectats que els boscos temperats i tropicals; els boscos boreals d'Alaska ja s'estan desplaçant cap al Nord a una velocitat de 100 quilòmetres per grau centígrad.

Els boscos realitzen una important funció en el sistema climàtic. Són els principals dipòsits de carboni, i contenen un 80% de tot el carboni emmagatzemat en tota la vegetació terrestre, i prop del 40% de carboni que resideix al sòl. Durant la transició d'un tipus de bosc a un altre, poden emetre's grans quantitats de carboni a l'atmosfera si la mortalitat allibera el carboni més fàcilment del que pot absorbir-se mitjançant la regeneració i el creixement. Els boscos també afecten directament el clima a escala local, regional i continental, en influir a la temperatura del sòl, l'evapotranspiració, la topografia irregular, la reflectivitat, la formació de núvols i les precipitacions.

Els deserts i ecosistemes àrids i semiàrids poden tornar-se més extrems. Amb poques excepcions, es projecta que els deserts es tornin més càlids però no significativament més humits. Les temperatures més altes podrien amenaçar els organismes que existeixen actualment prop dels seus límits de tolerància tèrmica.

A les praderies es podria experimentar una alteració de les temporades de cultiu. Les praderies disposen aproximadament del 50% del bestiar del món, i en elles també hi habiten espècies silvestres. Els canvis de temperatura i precipitacions poden configurar novament les fronteres entre les praderies, la zona d'arbustos, els boscos i altres ecosistemes. A les regions tropicals, aquests canvis en els cicles de l'evapotranspiració podrien afectar significativament la productivitat i la combinació d'espècies.

Les regions de muntanya ja estan subjectes a una important tensió degut a les activitats humanes. La disminució projectada a les glaceres de muntanya, el permafrost i la capa de neu han d'afectar encara més l'estabilitat del sòl i els sistemes hidrològics (ja que la majoria dels sistemes fluvials neixen a les muntanyes). A mesura que els ecosistemes i les espècies es veuen obligats a emigrar cap al cim de les muntanyes, aquells que estan limitats a aquests cims poden no tenir on anar i extingir-se; les observacions mostren que algunes espècies vegetals estan pujant en altitud, d'un a quatre metres per dècada, als Alps europeus, i que algunes espècies de cims de muntanya ja han desaparegut. També es veuran afectats l'agricultura, el turisme, l'energia hidroelèctrica, la tala d'arbres i altres activitats econòmiques. L'alimentació i els recursos de combustible de les poblacions indígenes a molts països en desenvolupament podrien veure's pertorbats.

La criosfera ha de seguir construint-se. La criosfera que representa prop del 80% de l'aigua dolça, comprèn tota la neu, gel i permafrost de la Terra. El permafrost està desapareixent a tot el món, fins i tot al voltant del Llac Baikal a Sibèria, el lloc més fred de l'Hemisferi Nord, desestabilitzant la infraestructura i alliberant carboni i metà addicional a l'atmosfera. Les glaceres muntanyoses s'estan reduint: gairebé dues terceres parts de les glaceres de



l'Himàlaia s'han contret durant la passada dècada, i les glaceres dels Andes han retrocedit de forma espectacular o han desaparegut. Això ha d'afectar els ecosistemes i les comunitats veïnes, així com els corrents fluvials estacionals i els subministraments d'aigua, fet que alhora té conseqüències en l'energia hidroelèctrica i l'agricultura. Els paisatges de moltes serralades i regions polars han de canviar de manera impressionant. La reducció del gel dels mars podria perllongar la temporada de navegabilitat per a determinats rius i zones costaneres. El gel de la Mar Àrtica s'ha reduït en un 40% en els darrers 30 anys, i la seva extensió s'ha contret entre el 10 i el 15%. Tot i aquests nombrosos efectes de contracció, no es preveu que el gel a Grenlàndia canviï gaire durant els propers 50 a 100 anys.

Les terres humides no subjectes a marees també es veuran reduïdes. Les zones d'aigües obertes i inundades ofereixen refugi i zones de reproducció a moltes espècies. També contribueixen a millorar la qualitat de l'aigua i a controlar les inundacions i sequeres. Els estudis de varis països indiquen que un clima més càlid ha de contribuir a la disminució de les terres humides degut a una major evaporació. En alterar els seus règims hidrològics, el canvi climàtic influirà en les funcions biològiques, bioquímiques i hidrològiques d'aquests ecosistemes, així com la seva distribució geogràfica.

Les activitats humanes també poden contribuir a què els ecosistemes naturals s'adaptin al canvi climàtic. La creació de corredors naturals d'emigració i l'ajuda a espècies concretes per a què emigrin redundaria en benefici dels ecosistemes forestals. La reforestació i la "gestió integrada" dels incendis, les plagues i les malalties també hi poden contribuir. Es poden protegir les praderies a través d'una selecció activa d'espècies vegetals, el control de les poblacions animals i noves estratègies de pastura. Es poden restablir i fins i tot crear terres humides. Les terres desertificades podrien adaptar-se millor si es cuiden les espècies tolerants a les sequeres i millors pràctiques de conservació del sòl.

C.1.3. Respostes i accions relacionades amb el canvi climàtic

La comunitat internacional va començar a valorar seriosament les conseqüències del canvi climàtic a partir de l'any 1979. Aleshores va tenir lloc la primer conferència sobre el canvi climàtic. Des de llavors, s'ha anat desenvolupant una xarxa mundial d'estudi d'aquest fenomen, així com de les mesures que cal prendre per pal·liar els seus efectes, malgrat les sovintejades reticències de molts països, degut a interessos econòmics i polítics. Aquesta és la cronologia dels últims trenta anys de lluita contra el canvi climàtic: **[70]**

- 1979: Primera Conferència de Canvi Climàtic: Es reconeix que el canvi climàtic és un problema greu. Aquesta reunió de científics va explorar com el canvi climàtic pot afectar les activitats humanes.



- 1988: Panell Intergovernamental sobre Canvi Climàtic (IPCC): Es crea aquest organisme internacional, que té el mandat d'avaluar l'estat del coneixement existent sobre el sistema climàtic: els impactes ambientals, econòmics i socials del canvi climàtic, i possibles respostes estratègiques.
- 1990: Segona Conferència Mundial sobre el Clima: L'IPCC llança el seu primer informe d'avaluació.
- 1992: Convenció de Canvi Climàtic de Nacions Unides: Signada per 154 estats a Rio de Janeiro (Brasil). És la base dels esforços globals de combatre l'escalfament de la terra. Tant els països desenvolupats com els que estan en via de desenvolupament accepten una sèrie de compromisos generals:
 - Desenvolupar i remetre comunicacions nacionals dels seus inventaris de gasos d'efecte hivernacle i la seva compensació a través de polítiques globals.
 - Desenvolupar programes estatals per esmorteir els efectes del canvi climàtic i estratègies d'adaptació dels seus impactes.
 - Promoure la transferència tecnològica i de gestió sostenible, conservació i reserva d'espais naturals, com ara boscos i oceans.
 - Considerar el canvi climàtic a les agendes econòmiques, socials i ambientals rellevants.
- 1994: El dia 21 de març d'aquell any entra en vigor la Convenció de Canvi Climàtic.
- 1995: Primera sessió de la Conferència de les Parts (COP): La COP és el cos suprem de la Convenció. Comprèn tots els estats que han ratificat o accedit a la convenció. Es reuneix anualment. La COP té la capacitat d'adoptar nous compromisos a través de protocols a la Convenció. Un d'aquests protocols és el famós Protocol de Kyoto.
- 1997: El mes de desembre d'aquell any s'adopta el Protocol de Kyoto a la tercera reunió de la COP. Degut a la manca de temps per definir els detalls operacionals, i les reticències per signar l'acord dels països més contaminadors, es va necessitar la quarta reunió de la COP, l'any 2001, a Bonn (Alemanya), per ser implementat:
 - Els països industrialitzats redueixen les seves emissions col·lectives en un 5,2% per al període 2008-2012.



- El protocol inclou tres mecanismes: mecanisme de neteja, comerç d'emissions i implementació conjunta.
- 2003: El mes de desembre d'aquell any té lloc la novena COP de la Convenció de Canvi Climàtic a la ciutat italiana de Milà.
- 2004: Cimera Mundial del Clima: té lloc a Buenos Aires (Argentina), i s'hi discuteixen mesures per aplicar el Protocol de Kyoto, amb l'objectiu de superar d'aquesta manera les reticències expressades per Estats Units, el país més contaminant del món, amb un 25% de les emissions de CO₂ totals, i també d'altres països, com els del Golf Pèrsic, que temen que els productes derivats del petroli perdin pes, i això afecti les seves economies.
- 2006: Conferència de Nairobi sobre el Canvi Climàtic: el mes de desembre d'aquell any té lloc la darrera conferència d'aquest tipus realitzada fins ara. El seu objectiu és estudiar i planificar el Protocol a seguir un cop hagi finalitzat la vigència del Protocol de Kyoto, l'any 2012, i donar continuïtat així als esforços realitzats fins ara per aquests organismes en la lluita contra el canvi climàtic.
- 2007: L'IPCC rep el Premi Nobel de la Pau, com a reconeixement per la tasca realitzada en la investigació del canvi climàtic, els seus efectes i les conseqüències a curt, mitjà i llarg termini per al planeta.

Una de les fites més importants en aquests anys va tenir lloc l'any 1997, a la ciutat japonesa de Kyoto. Per primer cop, s'anava més enllà de les declaracions de bones intencions, i es xifrava en una quantitat concreta les reduccions d'emissions de gasos hivernacle que calia realitzar, en un període de temps també especificat.

Inicialment, van ser només 36 països els que van signar el Protocol. Es va proposar una acció global de reducció de les emissions de determinats gasos d'efecte hivernacle, responsables de l'escalfament del planeta. Es van prendre com a referència sis d'aquests gasos: el CO₂, CH₄, N₂O, els halocarbons HFC i PFC, i l'SF₆, propis d'activitats industrials. La reducció va quedar fixada en un 8% respecte els nivells registrats l'any 1990. [38]

Per la seva entrada en vigor, era necessària la ratificació del Protocol per part de 55 països membres de l'ONU, i que a més a més representessin el 55% de les emissions mundials d'aquests gasos d'efecte hivernacle. Va ser el juliol de 2001, a la Cimera de Bonn, quan es va aconseguir que països responsables d'un 25% de les emissions de gasos d'efecte hivernacle assumissin el compromís de ratificar el Protocol de Kyoto, el qual, després de la negativa d'Estats Units a ratificar-lo (març de 2001), estava en perill.



No obstant, es van haver de fer concessions per aconseguir aquest compromís: principalment, una reducció dels límits d'emissions.

Els Estats Units defensen la seva posició contrària en el fet que el Protocol impedeix el creixement econòmic, i que els reglaments d'inversió tecnològica de neteja són molt complexos. La negativa nord-americana, que representa un 25% d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, va fer que el Protocol fos un acord de bona voluntat, i no d'obligat compliment, fins que l'octubre de 2004, Rússia, que és responsable de l'emissió del 17,2% d'aquests gasos, va ratificar el Protocol, arribant així al requisit del 55% del global d'emissions. D'aquesta manera, el Protocol de Kyoto va entrar oficialment en vigor el 16 de febrer de l'any 2005.

L'Estat espanyol va signar el Protocol l'any 1997, en el marc de la Unió Europea, i el va ratificar l'any 2002. Tot i això, en comptes de reduir les seves emissions, les ha augmentades en un 40% per sobre dels nivells de 1990, si bé va elaborar un Pla d'Assignació d'Emissions amb l'objectiu de començar a reduir-les. De fet, és el país que més ha augmentat les seves emissions des d'aleshores. [39]

En conjunt, el balanç és més positiu, ja que els països desenvolupats globalment han reduït les seves emissions des de 1990 en un 5,9%, passant de 18400 milions de tones de CO₂ el 1990 a 17300 milions de tones el 2003. [44] Hi ha diferents propostes sobre la taula per pal·liar els efectes provocats pel canvi climàtic. A la figura C.4. s'hi resumeixen les més importants:

<i>Sector afectat</i>	<i>Efectes negatius que provoca</i>	<i>Mesures correctores</i>
Energia	<p>La combustió de carbó, petroli i gas natural (els combustibles fòssils) suposa més del 75% del total d'emissions de CO₂ a l'atmosfera</p> <p>La producció d'energia representa el 44% de les emissions totals de CO₂</p>	<p>Minimitzar les fugues o abocaments durant l'extracció o transport dels combustibles fòssils</p> <p>Promoure noves tecnologies netes amb polítiques fiscals</p> <p>Incrementar l'eficiència de conversió de les centrals generadores d'energia</p> <p>Reduir les emissions de les centrals d'energia si s'adopten fonts renovables</p>



Transport	<p>Font d'emissions de gasos d'efecte hivernacle de més i més ràpid creixement</p> <p>Els automòbils representen el sector del transport que més consumeix petroli, i és la més important font d'emissió de CO₂</p>	<p>Incrementar l'eficiència dels automòbils i reduir les emissions per km viatjat</p> <p>Adoptar combustibles de menys coeficient de carboni (biocombustibles, motors d'hidrogen, biodièsel,...)</p> <p>Disminuir la congestió del trànsit a la carretera</p> <p>Estimular el transport que generi baixes emissions</p>
Agricultura	<p>Font important de CO₂, metà i òxid nitrós</p> <p>Desforestació i canvis d'ús de la terra, entre les activitats que estimulen les fonts de CO₂</p> <p>Les pràctiques de l'agricultura intensiva (cria de bestiar, conreu d'arròs i ús de fertilitzants) emeten gran part del CH₄ i l'N₂O</p>	<p>Millorar la gestió dels sòls agrícoles per augmentar la productivitat i permetre que absorbeixin més carboni</p> <p>Canviar el tipus de rec i l'ús de fertilitzants per disminuir el metà que prové del conreu de l'arròs</p> <p>Emprar nous fertilitzants i pràctiques de fertilització per reduir al mínim les emissions d'N₂O</p>

Fig. C.4. Efectes contaminants i mesures proposades per reduir l'impacte de diverses activitats caracteritzades per l'abundant emissió de gasos hivernacle [7]

La Unió Europea també ha pres mesures per pal·liar els efectes de l'escalfament global. Els ministres de la Unió han acordat l'objectiu de limitar l'augment de la temperatura mitjana al planeta a llarg termini a no més de 2°C per sobre dels nivells anteriors a la industrialització. Tanmateix, s'ha assenyalat que potser sigui necessari estabilitzar les concentracions de CO₂ molt per sota de 550 ppm per assolir aquest objectiu, la qual cosa exigirà reduir d'aquí a 2050 les emissions de gasos d'efecte hivernacle als països desenvolupats entre un 60 i un 80% respecte els nivells anteriors de 1990. [31]



L'Agència Europea del Medi Ambient (EEA) estableix que calen tres mesures principals per implementar una economia amb baixes emissions de CO₂: reduir el consum d'energia, augmentar la quota de les energies renovables i millorar l'eficiència energètica de la generació i el consum d'energia, en concret amb mesures addicionals de conservació d'energia. [30]

C.2. Canvi climàtic a la Mediterrània

El canvi climàtic pot afectar de manera singular als països de l'àrea mediterrània, degut a les peculiaritats del seu clima. En aquest apartat de l'Annex s'amplien algunes qüestions relacionades amb l'apartat 5.2. de la Memòria.

La sequera, que es veurà accentuada per la irregularitat de les precipitacions, provocarà un augment dels incendis forestals a tota la Mediterrània, sobre tot a la península Ibèrica, el Magrib, el nord d'Itàlia i els Balcans, i el risc de foc s'estendrà a tot l'any.

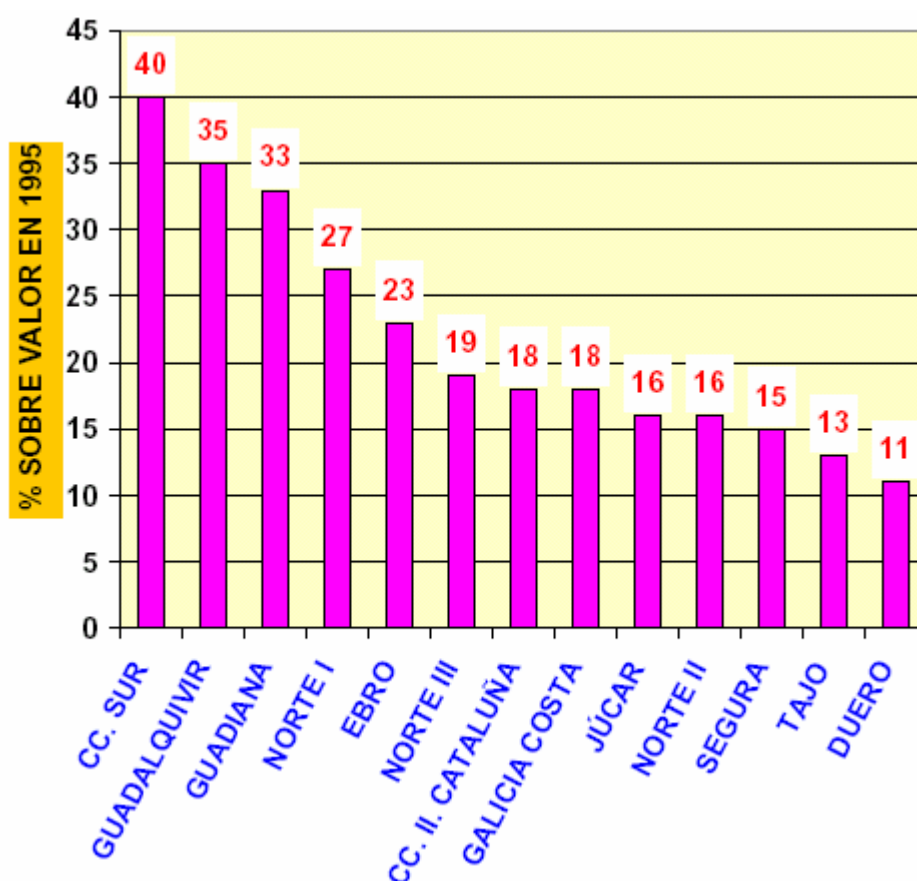


Fig. C.5. Percentatge d'augment de l'evaporació als embassaments i aiguamolls de les conques hidrogràfiques de l'Estat espanyol previst per a l'any 2060 en relació als nivells de l'any 1995 [21]



A la figura C.5. es pot veure un altre efecte del canvi climàtic sobre les reserves hídriques espanyoles. Com s'hi pot apreciar, els embassaments i aiguamolls de la meitat sud de la Península Ibèrica seran els més afectats, en línies generals. L'augment d'evaporació provocat per la pujada de temperatures del canvi climàtic és molt probable que porti els aiguamolls ibèrics a una crisi ecològica.

Les costes espanyoles també es veuran afectades pel canvi climàtic, segons les autoritats estatals. D'aquesta manera, s'estableix que l'escalfament global farà que les aigües superficials es redueixin entre un 5 i un 14%. **[35]** A més, hi haurà un retrocés de 15 metres de platja de mitjana a Espanya. El nivell del mar puja pel desgel de les glaceres, però també principalment perquè l'aigua en escalfar-se ocupa un volum més gran. Aquest augment ha estat a raó de 2,5 mm/any als últims 40 anys. A més, segons aquest informe, el Delta de l'Ebre, Doñana, l'Albufera de València o el Mar Menor murcià, zones de poca alçada i que es poden inundar amb facilitat, són les zones més amenaçades per aquest augment del nivell del mar.

Un dels espais naturals que hi ha a Catalunya que pot patir més les conseqüències del canvi climàtic és el Delta de l'Ebre. La deposició de sediments en aquest important aiguamoll, el segon en importància de l'Estat després de Doñana, s'ha reduït en un 99%. L'augment del nivell del mar previst a causa del canvi climàtic, la salinització dels conreus d'arròs que hi ha i la tendència natural dels deltes a enfonsar-se amenacen seriosament la integritat d'aquesta zona. Algunes mesures que poden evitar aquest greu perjudici serien la permeabilització dels embassaments del riu Ebre amb la instal·lació de dics, l'augment del rec per fer front a la salinització, la diversificació del conreu d'arròs i la supressió de l'ús de pesticides i herbicides, que es fan servir als conreus, i que constitueixen un perill pel Delta. Si no és així, en un termini de 200 anys el Delta de l'Ebre podria desaparèixer, segons el geòleg Antonio Canicio, **[28]** membre de Fundació per a una Nova Cultura de l'Aigua.

Un problema important per a la conca mediterrània és la pressió urbanística a les seves costes que s'està duent a terme en els darrers anys. Això comporta un augment molt gran de les necessitats hídriques d'un territori àrid i en procés de desertització, ja d'entrada amb moltes dificultats d'abastiment d'aigua.

Les xifres parlen d'una previsió de 558 mil habitatges nous al País Valencià, amb 85 nous camps de golf. A la Costa del Sol andalusa, hi ha projectats 540 mil nous habitatges en una longitud costanera de 160 quilòmetres. Per la seva banda, a Almeria i a Múrcia es planifiquen 500 mil habitatges entre les localitats de Carboneras, a Almeria, i Cartagena, a Múrcia, en la principal franja costanera verge que queda a la costa mediterrània espanyola. **[37]** Aquest ritme frenètic de construcció comporta greus problemes d'aigua, com demostra el fet que uns



460 mil nous habitatges previstos entre les costes de Castelló i Almeria no tenen garantits els recursos hídrics necessaris. D'altres edificacions no disposen de prou aigua diària.

La pressió urbanística generalitzada al litoral mediterrani s'està estenent al prelitoral. Els nous plans urbanístics, les requalificacions massives de sòl, o l'absència de revisió sobre els recursos i impactes que es puguin causar, són la tònica predominant d'aquesta situació. El problema del clima semidesèrtic, el règim escàs de pluges i la salinització i desertificació del sòl han de ser presos en consideració abans de sobreexplotar els recursos hídrics de la zona. Aquesta situació ha arribat fins a instàncies europees, que han demanat modificacions a la llei del País Valencià d'urbanisme.

Per lluitar contra el canvi climàtic, el Protocol de Kyoto representa un conjunt de mesures per fer front a l'escalfament global. El Protocol, en el cas d'Espanya, [36] estableix que només podia augmentar les seves emissions en un 15% l'any 2012 respecte el nivell de 1990. L'any 2004, les emissions espanyoles ja havien augmentat un 45%. De fet, l'Estat espanyol és el país industrialitzat signant del tractat que més ha augmentat les seves emissions. L'augment de la demanda elèctrica a l'Estat, i el fet que el 60% total d'emissions prové de l'habitatge i el transport, té relació directa amb aquesta elevada taxa d'emissions. Kyoto marca una emissió d'un màxim de 160,28 milions de tones de CO₂ a l'any fins a finals de 2007 per a la indústria espanyola (per un total permès de 401 milions de tones), i un límit d'emissió de 88 milions de tones per un dels sectors clau d'emissions a l'Estat: l'elèctric. Tot i això, la realitat va per una altra banda, i el sector elèctric segueix augmentat les seves emissions a l'atmosfera.

La pressió urbanística a la Mediterrània, com s'ha vist a l'apartat 5.2. de la Memòria és un dels problemes més importants que hi ha plantejats actualment, pel que suposa de dèficit hídric. L'explotació d'aqüífers subterranis, el rec per gota, la millora de les infraestructures i la instal·lació de plantes dessaladores són les solucions que s'apunten per mirar de frenar aquesta tendència negativa a la Mediterrània. [37]

En aquest apartat 5.2., també s'ha fet referència als estudis realitzats per l'expert i Premi Rei Jaume I del Medi Ambient de Protecció Ambiental, José Luis Rubio i el doctor Millán, [53] de la Fundació Centres d'Estudis Ambientals del Mediterrani. Per esmorteir les amenaces del canvi climàtic, aquests experts proposen un seguit d'actuacions, que es poden resumir en dos grans blocs:

- La reforestació: Hauria de ser una mesura immediata, ja que cobreix tres aspectes: l'esterilització del sòl, l'estabilització del cicle hídric, i el més important, la fixació del CO₂, que és el que provoca l'efecte hivernacle.



- La sensibilització: És una alternativa important, ja que el 60% de les emissions de gasos procedeix d'un mal ús dels recursos energètics i domèstics.



D. Actuacions previstes al programa AGUA

El nou govern central ha posat en marxa un programa alternatiu, el Programa d'Actuacions per a la Gestió i Utilització de l'Aigua (AGUA), que preveu augmentar l'oferta hídrica en 1060 hm³, superant així els 1050 hm³ que aproximadament plantejava la via del transvasament de l'Ebre. [23] D'aquesta quantitat, 600 hm³ d'aigua es preveuen obtenir amb la dessalació. En el pla, igualment es tenen en compte altres mesures, com ara les aportacions realitzades amb la modernització de regadius (amb uns 190 hm³ d'aigua) i de la reutilització d'aigües depurades (140 hm³), que són les que més destaquen d'aquest nou pla.

A la figura D.1. hi ha una comparativa entre les mesures de dessalació incloses en el programa AGUA i el projecte de transvasament:

<i>Conques hidrogràfiques</i>	<i>Increment del recurs per dessalació (m³/any)</i>	<i>Dessalació òsmosi: Consum energètic de (3,5 kwh/m³) (kwh/any)</i>	<i>Dessalació i bombeig: Consum energètic de (4 kwh/m³) (kwh/any)</i>	<i>Recursos compromesos al transvasament (m³/any)</i>	<i>Transvasament consum energètic de (3,26 kwh/m³) (kwh/any)</i>
C.I. Catalunya	70 · 10 ⁶	245 · 10 ⁶	280 · 10 ⁶	190 · 10 ⁶	619,4 · 10 ⁶
Conca Xúquer	70 · 10 ⁶	245 · 10 ⁶	280 · 10 ⁶	315 · 10 ⁶	1026,9 · 10 ⁶
Conca Segura	266 · 10 ⁶	931 · 10 ⁶	1064 · 10 ⁶	450 · 10 ⁶	1467 · 10 ⁶
Conca Sud	215 · 10 ⁶	752,5 · 10 ⁶	860 · 10 ⁶	95 · 10 ⁶	309 · 10 ⁶
Totals	621 · 10 ⁶	2173,5 · 10 ⁶	2484 · 10 ⁶	1050 · 10 ⁶	3423 · 10 ⁶

Fig. D.1. Comparativa de recursos i energia necessària per als projectes de dessalació i el transvasament del riu Ebre [5]

Com es pot veure a la figura 4.1., la despesa energètica del transvasament supera la de les tecnologies de dessalació. A la taula només figuren les mesures de dessalació incloses al programa AGUA, que té altres vies per aconseguir una millora de l'oferta hídrica. Per tant, tot i que es veu que els recursos amb el transvasament són superiors als de la dessalació, si es



té en compte el conjunt de mesures del programa AGUA, aquestes donen uns recursos de 1060 hm³ d'aigua, superant els 1050 hm³ del transvasament de l'Ebre.

A la figura D.2. hi ha una altra comparativa del programa AGUA i el projecte de transvasament:

	<i>Programa AGUA</i>	<i>Transvasament de l'Ebre</i>
Recursos hídrics	1063 hm ³	1050 hm ³
Qualitat	Qualitat òptima de l'aigua dessalada	Problemes de qualitat al curs baix del riu Ebre
Cost econòmic	3900 milions €	4200 milions €
Consum elèctric	2484 GWh	3423 GWh
Emissions de CO ₂	998.000 tones de CO ₂	1.376.000 tones de CO ₂
Ocupació d'espai	55,89 hectàrees	2252 hectàrees
Seguretat	No es veu afectat pel cicle hidrològic	Depèn del cicle hidrològic i del canvi climàtic sobre el règim de precipitacions
Legislació	S'adapta especialment a la Directiva Marc 2000/60 de la Unió Europea	

Fig. D.2. Comparativa del programa AGUA amb l'opció del transvasament de l'Ebre [5]

Les mesures del programa AGUA inclouen la dessalació com a una de les seves propostes més importants per pal·liar el dèficit hídric de les conques de la Mediterrània. A la figura D.3. es poden observar les mesures compreses a Catalunya que suposen més recursos hídrics, tant per les noves dessaladores que impliquen l'increment de disponibilitat d'aigua, com per l'augment de recursos que suposa la millora de la gestió dels mateixos:

<i>Actuació</i>	<i>Adaptació estimada de recursos hídrics (hm³/any)</i>	<i>Inversió estimada (milions €)</i>
INCREMENT DE LA DISPONIBILITAT DE RECURSOS HÍDRICS		



Dessaladora de l'àrea metropolitana de Barcelona	60	176
Ampliació de la dessaladora del Tordera	10	29
Total de mesures per l'increment de recursos	70	205
MILLORA DE LA GESTIÓ DELS RECURSOS HÍDRICS		
Actuacions addicionals de reutilització al Llobregat i Tarragona	10	91
Basses de regulació per les ETAP de Sant Joan Despí i Abrera	10	30
Ampliació i millora del tractament a la potabilitzadora d'Abrera	10	30
Basses de recàrrega a l'aqüífer del Baix Llobregat	10	10
Descontaminació de l'aqüífer del Besòs	15	12
Total de mesures de millora dels recursos hídrics que comportin més aigua	55	173
TOTAL	125	378



Fig. D.3. Mesures urgents del programa AGUA a Catalunya que suposen un augment de recursos hídrics [4]

Tot seguit, s'adjunten la resta de les llistes d'inversions previstes a les altres conques hidrogràfiques mediterrànies que havien de ser receptors de l'aigua procedent del derogat transvasament de l'Ebre, és a dir, la conca del sud, la conca del Segura i la del Xúquer. [4]

Conca Sud

INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
Almería. Desalación	165	226
Málaga. Desalación.	50	70
TOTAL DESALACIÓN	215	296

MEJORA DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
PROVINCIA DE ALMERÍA		
Actuaciones complementarias de reutilización de aguas residuales en el Campo de Dalías	10	10
Actuaciones de reutilización de aguas residuales en Almería	10	20
Conexión presa Cuevas de Almanzora-Poniente Almeriense (Sector Norte)	-	27
Mejora de las infraestructuras hidráulicas de los riegos de la zona de Poniente de Adra	2	15
Conducciones en la zona regable del embalse de Cuevas de Almanzora	-	29
Conjunto de actuaciones en la provincia de Almería en mejora de la gestión de los recursos hídricos	22	101
PROVINCIA DE MÁLAGA		
Corrección de vertidos salinos al embalse de Guadalhorce	15	52
Reutilización de aguas residuales en la Costa del Sol	30	55
Reutilización de aguas residuales en la ciudad de Málaga. 1ª fase	30	50
Conjunto de actuaciones en la provincia de Málaga en mejora de la gestión de los recursos hídricos	75	157
TOTAL ACTUACIONES EN MEJORA DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	97	258



RESUMEN GENERAL DE ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL SUR POR TERRITORIOS		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
PROVINCIA DE ALMERÍA		
Conjunto de actuaciones en la provincia de Almería en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	165	226
Conjunto de actuaciones en la provincia de Almería en mejora de la gestión de los recursos hídricos	22	101
Total actuaciones urgentes en la provincia de Almería	187	327
PROVINCIA DE MÁLAGA		
Conjunto de actuaciones en la provincia de Málaga en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	50	70
Conjunto de actuaciones en la provincia de Málaga en mejora de la gestión de los recursos hídricos	75	157
Total actuaciones urgentes en la provincia de Málaga	125	227
TOTAL ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL SUR	312	554

RESUMEN GENERAL DE ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL SUR POR TIPOS DE ACTUACIÓN		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
Incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	215	296
Mejora de la gestión de los recursos hídricos	97	258
TOTAL ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL SUR	312	554

Conca del Segura



INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MURCIA		
Desaladora del Campo de Cartagena*	52	98
Planta desaladora para garantizar los regadíos del trasvase Tajo/Segura	30	60
Ampliación de la desaladora de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla en Murcia	21	66
Planta desaladora en el Guadalentín	17	39
Planta desaladora para riego en Murcia	20	42
Desalación del Campo de Cartagena (red de distribución)	-	83
Medidas urgentes para dotar de recursos al Altiplano	-	7
Medidas urgentes para dotar de recursos al Alto Guadalentín	-	7
Conjunto de actuaciones en la comunidad autónoma de Murcia en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	140	402
PROVINCIA DE ALICANTE		
Planta desaladora de La Pedrera	15	30
Planta desaladora. Mejora de la calidad en Pilar de la Horadada	6	12
Desaladora para L'Alacantí y Vega Baja	50	85
Conjunto de actuaciones en la provincia de Alicante en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	71	127
TOTAL ACTUACIONES EN INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS	211	529

* Obra ya licitada y con el proyecto pendiente de aprobación técnica.

MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA, PREVENCIÓN DE INUNDACIONES Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL	
ACTUACIÓN	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MURCIA	
Interceptores de aguas pluviales de los barrios norte y oeste de Cartagena	7
Terminación de la recuperación ambiental del Segura entre Ojós y Contraparada	10
Terminación de la conservación y acondicionamiento del dominio público hidráulico en el río Segura, Contraparada/Guardamar (tramo Murcia)	8
Conjunto de actuaciones en la comunidad autónoma de Murcia en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	25
PROVINCIA DE ALICANTE	
Terminación de la conservación y acondicionamiento del dominio público hidráulico en el río Segura, Contraparada/Guardamar (tramo Alicante)	8
Conjunto de actuaciones en la provincia de Alicante en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	8
PROVINCIA DE ALBACETE	
Ampliación de la EDAR de Hellín	6
Conjunto de actuaciones en la provincia de Albacete en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	6
TOTAL ACTUACIONES EN MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA, PREVENCIÓN DE INUNDACIONES Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL	39



RESUMEN GENERAL DE ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL SEGURA POR TERRITORIOS		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MURCIA		
Conjunto de actuaciones en la comunidad autónoma de Murcia en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	140	402
Conjunto de actuaciones en la comunidad autónoma de Murcia en mejora de la gestión de los recursos hídricos	64	449
Conjunto de actuaciones en la comunidad autónoma de Murcia en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	-	25
Total actuaciones urgentes en la comunidad autónoma de Murcia	204	875
PROVINCIA DE ALICANTE		
Conjunto de actuaciones en la provincia de Alicante en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	71	127
Conjunto de actuaciones en la provincia de Alicante en mejora de la gestión de los recursos hídricos	59	286

RESUMEN GENERAL DE ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL SEGURA POR TERRITORIOS		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
Conjunto de actuaciones en la provincia de Alicante en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	-	8
Total actuaciones urgentes en la provincia de Alicante	130	421
PROVINCIA DE ALMERÍA		
Conjunto de actuaciones urgentes en la provincia de Almería en mejora de la gestión de los recursos hídricos	2	25
Total actuaciones urgentes en la provincia de Almería	2	25
PROVINCIA DE ALBACETE		
Conjunto de actuaciones en la provincia de Albacete en mejora de la gestión de los recursos hídricos	-	8
Conjunto de actuaciones en la provincia de Albacete en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	-	6
Total actuaciones urgentes en la provincia de Albacete	-	14
TOTAL ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL SEGURA	336	1.336

RESUMEN GENERAL DE ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL SEGURA POR TIPOS DE ACTUACIÓN		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
Incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	211	529
Mejora de la gestión de los recursos hídricos	125	769
Mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	-	39
TOTAL ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL SEGURA	336	1.336

Conca del Xúquer



INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
PROVINCIA DE ALICANTE		
Desalación en la Marina Alta	20	45
Desalación en la Marina Baja	20	45
Ampliación de la desaladora de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla en Alicante	20	50
Ampliación de la desaladora de Jávea	10	25
Conjunto de actuaciones en la provincia de Alicante en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	70	165
PROVINCIA DE CASTELLÓN		
Regulación para recarga de los excedentes invernales del río Belcaire	6	16
Adecuación del embalse de Arenós	15	18
Desarrollo de programas para captación de aguas subterráneas para abastecimientos y regadíos en Castellón	25	75
Conjunto de actuaciones en la provincia de Castellón en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	46	109
PROVINCIA DE VALENCIA		
Azud de regulación diaria en el tramo bajo del río Turia	3	6
Conjunto de actuaciones en la provincia de Valencia en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	3	6
TOTAL ACTUACIONES EN INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS	119	280

MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA, PREVENCIÓN DE INUNDACIONES Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL	
ACTUACIÓN	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
PROVINCIA DE CASTELLÓN	
Potabilizadora del río Mijares	6
Conjunto de actuaciones en la provincia de Castellón en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	6
PROVINCIA DE VALENCIA	
Presa de Villamarchante	93
Prevención contra avenidas del Barranco de Benimodo	15
Alternativa a la presa del Marquesado	30
Laminación y mejora del drenaje de la cuenca de la rambla Gallinera	20
Acondicionamiento del Bajo Turia y nuevo cauce del río	18
Laminación y control de avenidas en la cuenca medio del río Serpis	16
Laminación y mejora del drenaje en la cuenca del río Vacas	15
Conjunto de actuaciones en la provincia de Valencia en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	206
TOTAL ACTUACIONES EN MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA, PREVENCIÓN DE INUNDACIONES Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL	212



RESUMEN GENERAL DE ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL JÚCAR POR TERRITORIOS		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
PROVINCIA DE ALICANTE		
Conjunto de actuaciones en la provincia de Alicante en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	70	165
Conjunto de actuaciones en la provincia de Alicante en mejora de la gestión de los recursos hídricos	12	32
Total actuaciones urgentes en la provincia de Alicante	82	197
PROVINCIA DE CASTELLÓN		
Conjunto de actuaciones en la provincia de Castellón en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	46	109
Conjunto de actuaciones en la provincia de Castellón en mejora de la gestión de los recursos hídricos	32	58
Conjunto de actuaciones en la provincia de Castellón en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	-	6

RESUMEN GENERAL DE ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL JÚCAR POR TERRITORIOS		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
Total actuaciones urgentes en la provincia de Castellón	78	173
PROVINCIA DE VALENCIA		
Conjunto de actuaciones en la provincia de Valencia en incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	3	6
Conjunto de actuaciones en la provincia de Valencia en mejora de la gestión de los recursos hídricos	107	216
Conjunto de actuaciones en la provincia de Valencia en mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	-	206
Total actuaciones urgentes en la provincia de Valencia	110	428
TOTAL ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL JÚCAR	270	798

RESUMEN GENERAL DE ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL JÚCAR POR TIPOS DE ACTUACIÓN		
ACTUACIÓN	APORTACIÓN ESTIMADA DE RECURSOS HÍDRICOS hm ³ /año	INVERSIÓN ESTIMADA Millones de euros
Incremento de la disponibilidad de recursos hídricos	119	280
Mejora de la gestión de los recursos hídricos	151	306
Mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	-	212
TOTAL ACTUACIONES URGENTES EN LA CUENCA DEL JÚCAR	270	798



E. Estudi dels principals processos de dessalació

En aquest Annex s'aborda l'estudi dels principals mètodes de dessalació que hi ha actualment. En primer lloc, s'analitzen els processos que impliquen un canvi de fase, com l'evaporació. Tot seguit, s'hi adjunten aspectes relacionats amb l'estudi de l'osmosi inversa i d'altres processos de membrana.

E.1. Estudi dels processos de dessalació amb canvi de fase

Aquests processos són encara els més emprats al món, sobre tot als països de l'Orient Mitjà, on hi ha molts recursos energètics, especialment combustibles fòssils. Tot i això, als països occidentals, com ara l'Estat espanyol, aquesta mena de processos estan clarament en desús, degut al cost energètic que impliquen. Hi ha vuit processos, que s'estudiaran seguidament, i que són els més importants dins d'aquest grup. El més important d'aquests és l'evaporació multietapa (MSF), seguit de l'evaporació multiefecte (ME) i la compressió per vapor (CV). La resta són processos molt més minoritaris, dels quals es farà una anàlisi menys detallada.

E.1.1. Evaporació multietapa (MSF)

El procés d'evaporació multietapa, també anomenat procés multietapa flash (Multi Stage Flash, en anglès), o destil·lació "súbita" flash, és el procés més antic en ús industrial, i és el més estès als països del Golf Pèrsic, com l'Àrabia Saudita, amb la consegüent importància per a tot el món, degut a la capacitat de producció d'aquella regió. La primera planta amb tecnologia MSF va ser instal·lada l'any 1960 a Kuwait. [14]

L'MSF consisteix en evaporar aigua per aconseguir vapor que no conté sals. [2] Posteriorment, el vapor d'aigua es condensa a l'interior o exterior del feix de tubs de la instal·lació per tal d'obtenir aigua dessalada. El procés es basa en l'ebullició d'aigua en un evaporador amb nombroses cambres que operen a temperatures i pressions que van disminuint progressivament. Amb això, s'aconsegueix evaporar aigua en cadascuna de les etapes, per formar el conjunt de la producció total.

La base del sistema d'evaporació flash està en el fet que l'aigua, sobtadament exposada a una pressió menor que la de saturació corresponent a la seva temperatura, evapora parcialment, de forma que la calor d'evaporació necessària la pren de la resta del líquid, que es refreda; tenint en compte l'aportació de calor que cal fer al procés. L'evaporació té lloc a una cambra flash, clau en el procés, que permet una evaporació súbita (i per tant, irreversible), prèvia a la seva posterior condensació.



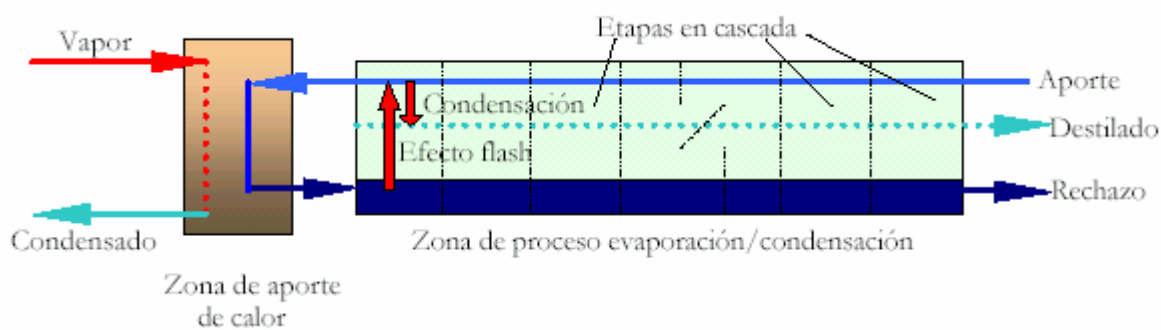


Fig. E.1. Esquema d'una planta d'evaporació multietapa (MSF)

A la figura E.1., es pot veure un esquema simplificat del funcionament d'una planta dessaladora amb el procés d'evaporació "súbita" flash. Com es pot veure, la cambra flash normalment està situada per sota de la resta de cambres, per facilitar així el procés. Cal una aportació de calor per a què el procés tingui lloc, un fet distintiu d'aquest procés respecte d'altres tèrmics.

Aquest sistema té diferents avantatges, com ara que s'hi pot fer servir aigua d'alimentació d'una qualitat baixa (alta concentració de sals i temperatura, per exemple), és molt útil per a la producció diària i la seva capacitat és molt més elevada que fent servir altres mètodes, degut especialment a què hi ha diverses cambres connectades entre si a l'evaporador.

L'MSF té, però, un inconvenient molt important: el seu elevat consum d'energia, ja que és un dels processos que més energia gasta per produir 1 m³ d'aigua dessalada. Les raons d'aquest consum tan alt són el consum tèrmic que hi té lloc, més elevat degut a l'efecte flash, i el consum elèctric de les nombroses bombes que hi ha a la planta, per fer circular els diferents fluxos que són representats a la figura E.1., al llarg de la planta.

E.1.2. Evaporació multiefecte (ME)

El procés d'evaporació multiefecte (ME), també anomenat procés de destil·lació amb múltiple efecte (MED, sigles en anglès de Multi Effect Distillation) té moltes semblances amb el sistema MSF, detallat a l'apartat E.1.1., però també té diferències importants, la més important de les quals és que en l'ME, l'evaporació té lloc de forma natural a una cara dels tubs d'un intercanviador, aprofitant la calor latent després de la condensació del vapor a l'altra cara d'aquests tubs.

El procés ME ha estat àmpliament emprat durant molts anys per la indústria química, i cap a finals del segle XX ha començat a tenir importància en el món de la dessalació. [2] La



E.1.3. Compressió de vapor (CV) i altres processos amb canvi de fase

Seguidament, es repassen altres processos de dessalació que impliquen canvis de fase, i que són més minoritaris: compressió de vapor (CV), termocompressió de vapor (TVC), destil·lació solar, congelació, formació d'hidrats i destil·lació amb membranes.

Compressió de vapor (CV)

El procés de compressió de vapor (CV) és el tercer més important, dins del grup de mètodes de dessalació fonamentats en la destil·lació o canvi de fase de l'aigua. El procés té una aplicació comercial des de l'any 1970, i existeixen dues variants segons el tipus de compressor: compressió mecànica i tèrmica, segons si es fa servir electricitat o bé vapor de mitjana o baixa pressió, respectivament. La compressió de vapor és un sistema molt emprat a la indústria, especialment a la indústria alimentària, durant processos de concentració en l'elaboració de sucres o formatges, entre d'altres. [42]

El mètode que es fa servir en la dessalació és la compressió mecànica del vapor. Una de les diferències amb la resta de mètodes que s'han vist és que aquest sol ser un procés de simple efecte, i només en alguns casos, de doble efecte. És un procés destinat per dessalar aigua del mar, i produeix una aigua destil·lada d'una salinitat molt baixa.

El mecanisme de funcionament es basa en l'evaporació d'aigua salada a un costat de la superfície d'intercanvi, i aquest líquid es comprimeix suficientment per a què condensi a l'altra costat de l'esmentada superfície, i d'aquesta manera, es pugui mantenir el cicle de destil·lació de l'aigua salvant les pèrdues del procés i la temperatura d'ebullició de l'aigua salada respecte la pura.



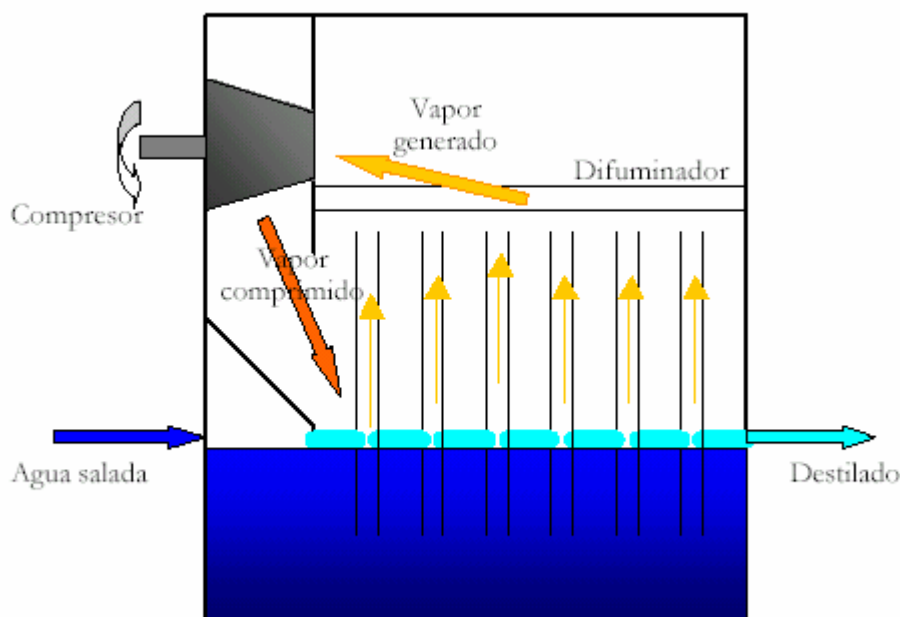


Fig. E.3. Diagrama d'una compressió de vapor (CV), amb evaporador de tubs verticals

Com es pot veure a la figura E.3., l'esquema d'aquesta compressió va acompanyada d'un evaporador, format per tubs verticals, i el sistema és d'una única etapa. El vapor interior de cadascun dels tubs és comprimit fins a 0,2 bar, en un compressor volumètric especial. El vapor una mica sobreescalfat es condensa a l'exterior dels tubs de l'intercanviador.

L'avantatge principal d'aquest procés, comparat amb la resta de processos basats en un canvi de fase, rau en el fet que el seu consum d'energia és dels més baixos, dins d'aquest grup (serà molt més alt quan sigui comparat amb l'osmosi inversa, per exemple). A més, els seus elements són molt resistents a l'operació.

El seu inconvenient més important és que no hi ha compressors volumètrics de vapor de baixa pressió d'una grandària suficient per a una producció considerable (el seu màxim és de 5000 m³/dia). Per tant, la seva capacitat de producció d'aigua dessalada és inferior a la de la resta de processos amb què es compara.

Per tant, l'aplicació més típica d'aquest mètode serà en situacions on calgui una molt bona qualitat de l'aigua, i no sigui tan important la quantitat, ni el cost energètic que pugui ocasionar. Per exemple, un d'aquests casos pot ser un establiment turístic on el cost de l'aigua no sigui un factor determinant, o en algunes indústries en la mateixa circumstància.

Termocompressió de vapor (TVC)



Aquest procés de dessalació no sol ser gaire emprat actualment. També es pot anomenar compressió tèrmica de vapor (TVC, sigles en anglès de Thermal Vapor Compression). El procés és semblant al de l'evaporació multiefecte (ME), ja explicat a l'apartat E.1.2. Es diferencia principalment en la font d'energia que fa servir.

En el cas de la TVC, són uns termocompressors o compressors tèrmics els encarregats de dur a terme la destil·lació, i consumeixen vapor de mitjana pressió que prové de la planta de producció elèctrica. Es pot veure aquest tipus de compressors a la figura E.4.:

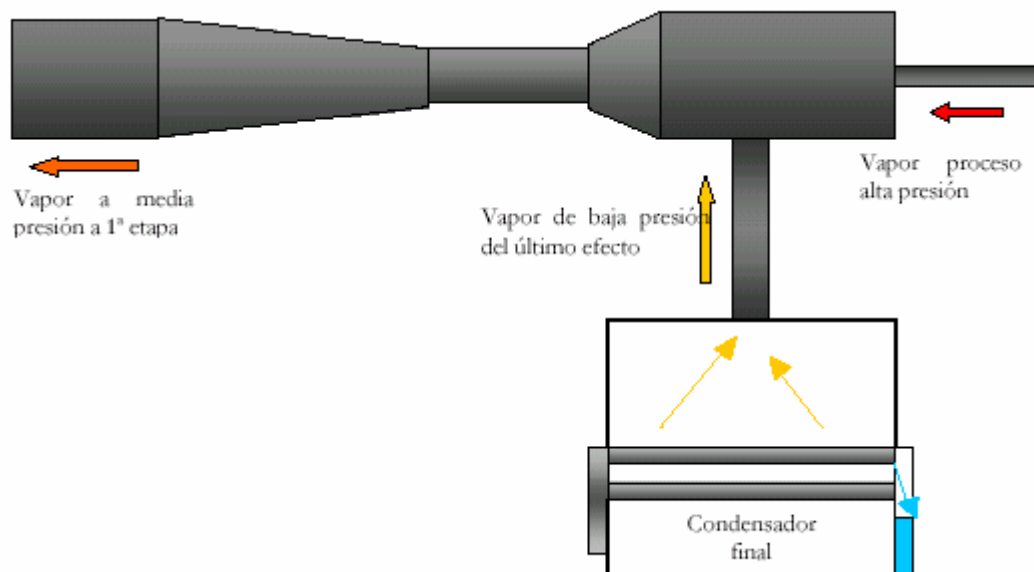


Fig. E.4. Esquema d'un termocompressor acoblat a una planta de dessalació TVC

L'esquema de funcionament d'una dessaladora TVC i una ME és molt semblant. De fet, moltes vegades es considera la termocompressió de vapor dins de la destil·lació multiefecte. La diferència fonamental amb la dessalació ME és que pot tenir més capacitat de producció el cas de la termocompressió, degut a la millor manera d'adaptar-se el sistema per a la presa del vapor d'entrada. El rendiment d'ambdós processos (TVC i ME) es pot considerar molt similar.

Destil·lació solar

La dessalació fent servir energies renovables és una de les noves tècniques alternatives que s'estan estudiant actualment. L'energia solar és una d'aquestes energies, que són tan oportunes en zones àrides o disperses de població, on l'aigua no pot arribar amb facilitat.

[42]



Una de les maneres de dessalar aigua amb energia solar és fent servir col·lectors. El procés es basa en el principi de l'efecte hivernacle, és a dir, que el sol escalfa una cambra d'aire a través d'un vidre transparent, al fons del qual hi ha aigua salada. Gràcies a la radiació solar, una part d'aquesta aigua s'evapora i es condensa a la cara interior del vidre. Es pot veure un esquema d'aquest procés a la figura E.5.:

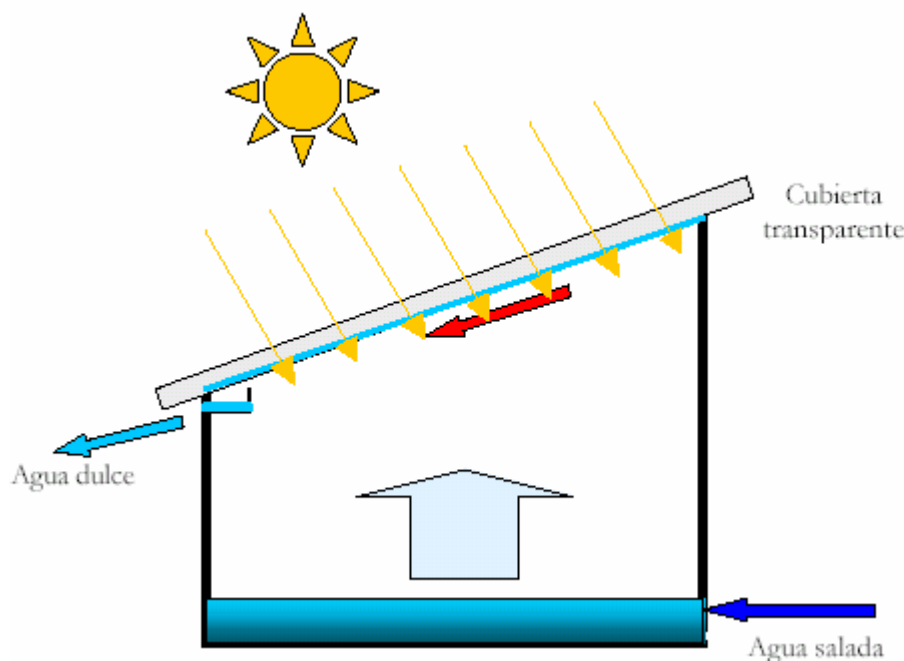


Fig. E.5. Esquema d'un col·lector d'energia solar emprat en la dessalació

Com es pot veure a la figura E.5., aquest vidre està inclinat, de manera que les gotes van caient en un canal que va recollint aquest condensat.

El procés té avantatges clars, com és que respecta el medi ambient de manera evident, a més que es fa servir una energia renovable. Hi ha altres avantatges derivats de la naturalesa del procés. Un d'ells és que el cost energètic associat al procés és nul, ja que és el sol qui fa de font d'energia. I també que el cost derivat de la inversió necessària per dur a terme aquest procés és baix.

L'inconvenient es troba principalment en el desús que encara té actualment. D'aquí ve la seva escassa rendibilitat, associada a la seva baixa producció. Es calcula que al món, només 10000 m³/dia són procedents de la destil·lació per energia solar. Per tant, la seva baixa competitivitat econòmica fa que no sigui un procés gaire emprat. Un altre desavantatge és la dependència climatològica associada al procés, que és una diferència important respecte els altres mètodes de dessalació.



Congelació

El procés de congelació és un fenomen natural de la Terra. Tot i això, aquest procés emprat en la dessalació encara es troba en una fase molt incipient, en fase d'estudi als laboratoris.

Aquest procés consisteix en congelar l'aigua i recollir els cristalls d'aigua formats per fondre'ls i obtenir aigua dolça. El seu avantatge principal és el seu superior rendiment energètic, comparant-lo amb altres processos. **[14]**

Té l'inconvenient principal en el fet que cal adaptar la tecnologia actual als intercanviadors de fred, així com millorar l'aïllament tèrmic per mantenir el fred, i també els mecanismes per a la separació dels cristalls de gel per a què el sistema pugui ser competitiu i s'estengui en un futur.

Formació d'hidrats

Aquest és un procés que té similituds amb el procés de congelació, ja que tots dos es basen en el principi de cristallització, el seu rendiment és similar (en ambdós casos, superior als mètodes tèrmics convencionals) i també té l'inconvenient dels problemes tecnològics derivats del procés, ja que tots dos es troben en fase d'experimentació.

El sistema consisteix en obtenir, mitjançant l'addició d'hidrocarburs a la solució salina, uns hidrats complexos en forma cristal·lina, amb una relació entre molècula d'hidrocarbur i molècula d'aigua d'1a 18, aproximadament.

El problema tecnològic més important és en la separació i el rentat dels cristalls, fet que impedeix la seva aplicació industrial actualment.

Destil·lació per membranes

Aquest procés també és clarament minoritari, i igualment als altres dos processos anteriors de congelació i de formació d'hidrats, també es troba en fase exploratòria.

El procés és una combinació d'evaporació i filtració. L'aigua salada d'alimentació s'escalfa per millorar la producció de vapor, i s'exposa a una membrana hidròfoba (és a dir, permet el pas del vapor, però no de l'aigua líquida). El vapor, un cop travessa la membrana, es condensa per tal d'obtenir l'aigua dessalada.

E.2. Estudi detallat de l'osmosi inversa

En aquest apartat, es realitza un estudi de diferents aspectes relacionats amb el procés dessalador de l'osmosi inversa.



E.2.1. Breu referència històrica de l'osmosi inversa

El primer científic que va descobrir l'osmosi va ser Abbé Nollet, l'any 1748. Durant el segle XIX, altres estudiosos van analitzar membranes d'animals, i Pfeffer, l'any 1877, va fer els primers assajos osmòtics quantitius fent servir una membrana obtinguda tot precipitant ferrocianur de coure sobre una porcellana porosa. Aquesta membrana va ser la base de posteriors estudis sobre l'osmosi.

Ja al segle XX, Reid i Breton, l'any 1950, van determinar que degut a la productivitat de la membrana, el seu material més adequat era l'acetat de cel·lulosa. Loeb, l'any 1962, va desenvolupar una tècnica de preparació de pel·lícules per a una membrana d'aquest acetat de cel·lulosa modificat, gràcies al qual augmentava molt el flux d'aigua per unitat de superfície, tot mantenint el rebuig de sal excel·lent.

Aquest avenç tecnològic el va posar en pràctica Loeb en la primera planta pilot d'osmosi inversa, construïda a la Universitat de Los Angeles (Califòrnia, Estats Units) l'any 1962. El 1965 té lloc la primera instal·lació a nivell industrial, a la ciutat californiana de Coalinga. [15]

E.2.2. Elements i etapes d'una planta d'osmosi inversa

El funcionament de l'osmosi inversa és senzill. Essencialment, l'aigua d'alimentació és bombejada a alta o mitjana pressió cap a una membrana semipermeable, donant lloc a dos fluxos d'aigua: un d'ells, d'alta concentració anomenat de rebuig o salmorra, i l'altre, de baixa concentració, anomenat aigua producte, que és el resultat del procés dessalador.

Per tant, per realitzar el procés, en principi, només caldria la membrana que filtri el contingut de sal i l'equip pressuritzador, per tal de superar la pressió osmòtica i dur a terme el procediment. En la pràctica, però, s'observa com les membranes s'embruten amb facilitat amb l'operació continuada, i necessita una fase de pre-tractament intensiu. També es farà necessari un post-tractament, que és un tractament complementari per assolir les condicions de potabilitat de l'aigua que es requereixen.

D'aquesta manera, es poden distingir quatre etapes ben diferenciades en una planta dessaladora d'osmosi inversa: [15]

1. Captació de l'aigua del mar

És la primera fase del procés: obtenir l'aigua d'alimentació que caldrà dessalar. Les dues maneres més habituals de captar l'aigua són:

- Presa mitjançant pous aïllats o mitjançant una càntara comuna: en la solució adoptada dels pous aïllats, aquests arriben a tenir 40 metres de fondària, fins



assolir la suficient permeabilitat del terreny que garanteixi el cabal d'extracció demandat.

- Presa oberta superficial o a través d'un emissari submarí: en aquest cas, no existeix problema de cabal d'extracció, però tot i això es redueix el rendiment de la instal·lació, degut a què l'aigua d'alimentació sovint té problemes com ara la presència de sòlids en suspensió, l'elevada activitat biològica, la sensibilitat a la pol·lució per hidrocarburs o bé la temperatura variable. L'alternativa de l'emissari submarí només ha de ser emprada quan no hi hagi més opcions, ja que condueix a un pre-tractament més costós, tant logísticament com econòmic.

2. Pre-tractament físico-químic

Per a una planta d'osmosi inversa, aquesta fase és la fonamental per al seu correcte funcionament. La missió del pre-tractament és suprimir o reduir els embussos que es puguin produir a la membrana, que es va embrutant fàcilment amb la producció contínua, de forma que el rendiment de la planta no se'n vegi perjudicat.

El pre-tractament intensiu inclou aquests aspectes:

- Tractament de l'aigua bruta amb clor per reduir-ne la càrrega orgànica i bacteriològica.
- Filtració amb sorra per reduir la torbesa.
- Acidificació per reduir el pH i limitar la formació de dipòsits calcaris.
- Inhibició amb polifosfats de la formació de sulfats de calci i bari.
- Procés per treure el clor residual.
- Filtració amb cartutxos de filtrat de partícules, requerits pels fabricants de membranes.

L'aigua es pot embrutar degut a nombroses causes. Les actuacions incloses a la fase de pre-tractament, que tenen l'objectiu de reduir la brutor de l'aigua d'alimentació abans d'entrar al mòdul d'osmosi inversa, variaran segons la naturalesa d'aquestes causes.

D'aquesta manera, es divideixen les mesures que cal aplicar en funció de tres orígens del seu embrutament:

Embrutament per precipitacions

A l'aigua hi ha dos elements que poden produir precipitacions sobre les membranes:



- Sals minerals: aquestes incrustacions solen ser causades per la precipitació de sals minerals que són dèbilment solubles, com ara el carbonat càlcic (CaCO_3), el sulfat càlcic (CaSO_4), el sulfat de bari (BaSO_4), el sulfat d'estranci (SrSO_4), el fluorur càlcic (CaF_2) i la sílice (SiO_2).

- Òxids metàl·lics: algunes aigües brutes poden contenir sals minerals d'ions ferro, manganès o alumini. Per oxidació, aquests ions poden formar els seus respectius hidròxids insolubles, els quals poden precipitar a l'interior dels mòduls d'osmosi inversa, per la qual cosa cal tractar-los. El ferro pot provenir de la corrosió dels metalls en contacte amb l'aigua, el manganès sol presentar-se i precipitar al costat del ferro, i l'alumini apareix quan l'aigua té condicions d'acidesa que l'allunyen d'un pH neutre (el corresponent a la seva solubilitat mínima).

Embrutament per deposició de partícules

Aquest embrutament es produeix quan hi ha substàncies que són retingudes a la superfície de la membrana, i poden ser de tres grandàries diferents:

- Partícules de gran grandària: si l'aigua bruta conté partícules en suspensió grans, aquestes poden ser filtrades mecànicament pels sistemes de repartiment d'aigua situats a l'interior del mòdul d'osmosi inversa, tot quedant retingudes entre les membranes.

- Substàncies col·loïdals: aquest embrutament és degut a la coagulació d'aquest tipus de substàncies sobre la superfície de la membrana. Per evitar-lo, cal reduir al mínim la velocitat de coagulació, amb la qual cosa cal controlar la presència de substàncies col·loïdals a l'aigua bruta.

- Substàncies biològiques: aquesta deposició es produeix quan l'aigua bruta conté suficients elements nutritius com per afavorir el ràpid desenvolupament de microorganismes a l'interior del mòdul. Les conseqüències per a les membranes de la planta dependran de si poden degradar-se biològicament (llavors pot destruir-se la capa activa d'aquestes membranes), o no (amb la qual cosa es produeixen els mateixos efectes que en el cas de les substàncies col·loïdals).

Embrutament per circumstàncies especials

Són casos excepcionals, que poden ser deguts a la presència de:

- Sofre col·loïdal: aquest cas té lloc en pous de captació d'aigua d'alimentació amb presència d'àcid sulfhídric (H_2S), que pot oxidar-se per part de l'oxigen present, si hi penetra l'aire. Per això, cal evitar que hi entri aire als pous.



- Compostos orgànics: aquest embrutiment pot donar-se en indrets propers a zones industrials, on l'aigua pot ésser contaminada amb traces de compostos orgànics, com ara diferents tipus d'olis, que poden embussar els mòduls.

Un pre-tractament intensiu consta d'una llarga llista de processos, que es fan necessaris a fi i efecte de disposar d'una aigua d'alimentació correctament tractada per a què pugui ser dessalada per part del mòdul d'osmosi inversa i les seves membranes sense que en surti perjudicat el seu funcionament. A la figura E.6. hi ha un resum de les diferents etapes d'aquest pre-tractament físico-químic i en què consisteix cadascuna d'elles:

<i>Etapa del pre-tractament intensiu</i>	<i>Missió i característiques</i>
1) Desinfecció	<ul style="list-style-type: none"> - Esterilitzar l'activitat biològica de l'aigua d'entrada - S'addiciona clor en forma d'hipoclorit sòdic com a bactericida (com que es produiran derivats clorats que caldrà eliminar, la tendència actual és prescindir del NaClO)
2) Acidificació	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar les incrustacions de CaCO_3 a les membranes - Reduir la velocitat d'oxidació dels ions ferro - Disminuir la velocitat d'hidròlisi de les membranes - Es fa servir l'àcid sulfúric (H_2SO_4) com agent acidificant
3) Coagulació	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la precipitació sobre les membranes de substàncies col·loïdals en suspensió - S'agrupen les matèries amb l'addició d'un reactiu químic, polielectròlits o sals de ferro; i més tard es retenen els flocs agrupats en un llit filtrant
4) Filtració	<ul style="list-style-type: none"> - A través de filtres multicapa - El mitjà de filtració més utilitzat és el llit granulomètric de sorra de sílice
4.1) Filtració lenta amb sorra	<ul style="list-style-type: none"> - Consisteix en un tanc impermeable a l'aigua, que conté una capa de sorra gruixuda suportada sobre una capa de grava, sota la qual hi ha un sistema de



	<p>canonades per on va l'aigua que es filtra</p> <ul style="list-style-type: none"> - És eficaç per separar la major part de la matèria en suspensió, reduir les bactèries en un 98-99% i per aigües sense coagulació prèvia
4.2) Filtració ràpida amb sorra	<ul style="list-style-type: none"> - Consisteix en una capa de sorra suportada sobre un sistema de desguàs inferior, que suporta la sorra, recull l'aigua filtrada i distribueix l'aigua de rentat. - És menys efectiu que el filtre lent per a separar bactèries (80% de reducció d'aquests microorganismes, aproximadament).
4.3) Filtració per precapa	<ul style="list-style-type: none"> - Consisteix en una capa prima d'un tipus de terra compost d'esquelets fòssils de "diamotees" microscòpiques, o bé de perlita (una roca de silici) - El filtre de precapa és normalment un recipient a pressió cilíndrica, a l'interior del qual hi ha bobines i cartutxos on té lloc el procés. Sobre aquest filtre es disposa un llit de cel·lulosa, formant un llit uniforme. - La velocitat de filtració no és gaire elevada.
5) Decloració	<ul style="list-style-type: none"> - Consisteix en la dosificació de bisulfit sòdic per retirar el clor residual i altres agents oxidants que puguin quedar a les membranes - L'oxidació-reducció que hi té lloc és controlada mitjançant un sistema de potencial redox
6) Anti-incrustants	<ul style="list-style-type: none"> - Cal fer servir un dispersant o un anti-incrustant compatible amb la membrana - L'objectiu és evitar que sals poc solubles (com el CaSO_4, BaSO_4, SrSO_4 i CaF_2) puguin precipitar sobre la membrana
7) Microfiltració	<ul style="list-style-type: none"> - Té lloc la filtració per cartutx de 5 micres, i tot seguit, es realitza a l'aigua ja prefiltrada un refinament, consistent en una filtració a pressió, a través d'un altre



	cartutx filtrant
--	------------------

Fig. E.6. Etapes del pre-tractament de l'aigua d'alimentació durant el procés d'OI

3. Equips d'alta pressió i membranes d'osmosi inversa

Els equips d'alta pressió són necessaris per superar la pressió osmòtica entre les dues solucions, i d'aquesta manera dur a terme el procés d'osmosi inversa.

L'equip d'alta pressió està format per un conjunt de tres elements:

Bomba d'alta pressió

Les bombes d'alta pressió constitueixen una de les parts més importants del procés de l'osmosi inversa, perquè han d'aportar la pressió neta d'operació necessària per obtenir la producció desitjada, essent aquesta pressió molt superior a l'osmòtica, per tal d'augmentar la productivitat.

Per seleccionar el tipus de bomba que es necessita per a la planta dessaladora per osmosi inversa, cal tenir en compte la pressió de bombeig necessària i el cabal de producció desitjat per a cada cas. Actualment, no hi ha cap predomini d'una classe concreta de bombes d'alta pressió. Tot i així, els dos tipus de bombes d'alta pressió són:

- Bombes de desplaçament positiu o de tipus pistó: Normalment són emprades en instal·lacions petites. El cos de la bomba està fet d'alumini o acer inoxidable, i els pistons, de material ceràmic. Tenen un rendiment hidràulic acceptable, però el seu desavantatge principal és que tenen un alt cost, i també requereixen un major manteniment.
- Bombes centrífugues: Són les més utilitzades. Els materials de construcció més comuns són d'acer inoxidable d'elevades prestacions. Tenen un rendiment hidràulic una mica inferior al d'altres tipus de bombes, però, contràriament a les bombes tipus pistó, no necessiten gaire manteniment, i a més, són d'una elevada fiabilitat.

Motor d'accionament elèctric

És el motor que farà funcionar tot el sistema de bombes d'alta pressió, el de les turbines de recuperació d'energia, i el dels diferents equips que necessiten energia elèctrica a una planta d'osmosi inversa. La despesa energètica que hi haurà tindrà influència directa en el cost de la instal·lació, i conseqüentment, determinarà la viabilitat del projecte.



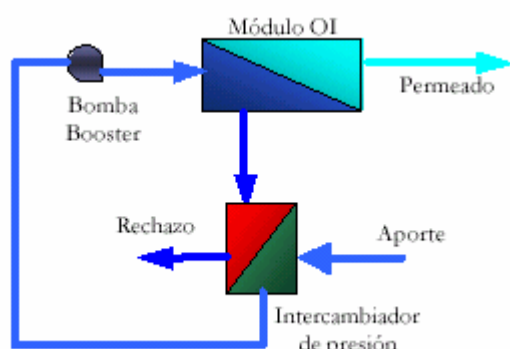
Un dels motors d'accionament elèctric més freqüent és aquell que té una velocitat de 3000 revolucions per minut (rpm).

Turbina de recuperació d'energia

La recuperació d'energia d'una instal·lació és un fet molt important, com s'ha dit anteriorment. La turbina de recuperació energètica clàssica en les instal·lacions d'osmosi inversa és la de contrapressió. En els darrers anys, però, ha crescut intensament l'opció de la turbina Pelton, que es caracteritza per tenir un rendiment superior, fet que suposa un estalvi energètic més gran, i per tant, un consum específic d'energia menor per cada metre cúbic d'aigua dessalada. Les turbines Pelton convencionals (també anomenades Francis), que estan acoblades a l'eix del motor de la bomba, suposen un estalvi energètic entorn del 40%.

Darrerament han aparegut també sistemes més complexos de recuperació d'energia. N'hi ha dos de destacats:

- “Turbochanger”: Equip que consta de dues cambres de pressió i que s'ubica entre les bombes d'alta pressió i les membranes. El seu gran avantatge rau en el fet que, degut al seu funcionament hidràulic, no hi ha la necessitat de preveure un motor d'accionament elèctric. El seu ús encara no és gaire estès, concentrat sobre tot en petites dessaladores privades.
- Intercanviadors de pressió: En aquests equips, la pressió de l'aigua de rebuig de les membranes s'aporta a l'aigua d'alimentació que prové de la bomba d'alta pressió. Alguns fabricants, amb aquest sistema, han arribat a reduir un 30% el consum energètic que es faria amb el sistema tradicional de bomba i turbina, i un total d'un 50-65% d'estalvi si no hi hagués cap sistema recuperador. A la figura E.7. es pot veure un petit esquema del procés amb aquests intercanviadors.



4. Post-tractament de l'aigua produïda

Fig. E.7. Esquema d'un procés d'OI amb un intercanviador de pressió **[14]**

En tota instal·lació dessaladora, la qualitat de l'aigua obtinguda serà un fet molt important, i que indicarà quin és el post-tractament que cal aplicar sobre l'aigua produïda per la planta d'osmosi inversa. A la figura E.8. hi ha les concentracions finals d'alguns ions i el pH de l'aigua, segons el mètode dessalador que s'ha fet servir.

	<i>Osmosi inversa</i> (1 pas)	<i>Osmosi inversa</i> (2 passos)	<i>Evaporació</i>
Ca ²⁺ (mg/L)	2	0,1	0,5
Mg ²⁺ (mg/L)	6	0,3	1,5
Na ⁺ (mg/L)	128	15	12
K ⁺ (mg/L)	4	0,8	0,5
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	8	0,4	0,1
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	11	0,6	3,0
Cl ⁻ (mg/L)	208	23	22
TDS (mg/L)	367	40	40
SiO ₂ (mg/L)	0,1	0,0	0,0
CO ₂ (mg/L)	23	12	
pH	5,8	5,2	7,2



Fig. E.8. Qualitat mitjana de l'aigua obtinguda per diferents processos de dessalació [14]

Com es pot veure a la figura E.8., el procés de dessalació pel qual s'obté una millor qualitat de l'aigua és el conjunt de processos de l'evaporació, que són detallats a l'apartat E.1. d'aquest Annex. Malgrat això, l'osmosi inversa també deixa uns bons paràmetres de qualitat, sobre tot si es fan servir 2 passos, és a dir, que l'aigua producte que surt del mòdul d'osmosi inversa sigui l'aigua d'alimentació per a un segon mòdul d'osmosi inversa, com es veu a la figura E.9.

D'aquesta manera, es millora substancialment la qualitat de l'aigua resultant. La selecció del mètode dependrà de l'ús que se li doni a l'aigua producte i dels requeriments de qualitat d'aigua de la finalitat concreta a què vagi destinada.

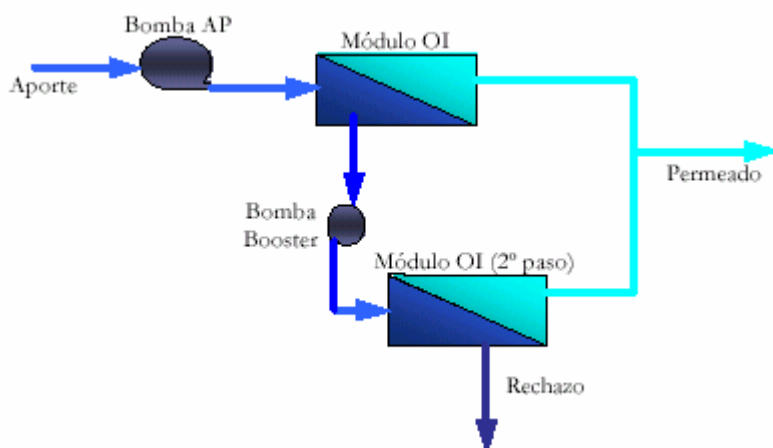


Fig. E.9. Esquema de la instal·lació de dos passos en una planta d'osmosi inversa [14]

Com es pot veure a la figura E.9., hi ha un element addicional, una bomba Booster, col·locada per salvar la diferència de pressions osmòtiques generada en aquest segon pas. D'aquesta manera, s'aprofita la pressió del corrent de l'aigua de rebuig o salmorra.

El post-tractament, doncs, estarà molt relacionat amb la qualitat de l'aigua obtinguda. La duresa de l'aigua (la concentració de Ca^{2+} no pot excedir els 60 mg/L) i la seva alcalinitat (la concentració de HCO_3^- no pot superar els 30 mg/L) marquen la viabilitat dels processos. En aquest cas, els límits legals són complerts per qualsevol dels mètodes, tal i com es veu a la figura 5.8. Per dur a terme el post-tractament, però, a més a més cal tenir en compte dos aspectes principals:



- L'equilibri químic de l'aigua: Cal conservar-lo, tot eliminant l'alta agressivitat que pugui tenir l'aigua i protegir les xarxes de distribució del seu poder corrosiu. Per fer-ho, cal reduir el relativament alt contingut en CO_2 tot afegint bases com ara l'hidròxid de calci ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

- Nivells de pH per a la potabilitat d'aigua: L'aigua potable ha de tenir un pH en l'interval entre 6,5 i 8,5. Com es pot comprovar a la figura E.8., aquest requeriment no es satisfarà a l'osmosi inversa. És per això que cal augmentar el pH de l'aigua producte afegint-hi bases, com poden ser l'hidròxid sòdic (NaOH), o el ja esmentat hidròxid càlcic ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

A més, és convenient mantenir un nivell de clor lliure a l'aigua per evitar el desenvolupament de creixement de microorganismes.

E.2.3. Tipus i funcions de les membranes d'osmosi inversa

Les membranes semipermeables que participen en el procés d'osmosi inversa han de ser seleccionades per poder suportar altes concentracions de sals i elevades pressions osmòtiques, en el cas de l'aigua del mar, així com baixes concentracions de sals i mitjanes o baixes pressions osmòtiques per a les aigües salobres.

Els materials més utilitzats per a la fabricació de membranes són l'acetat de cel·lulosa (amb diverses relacions de triacetat i monoacetat), poliamides i polisulfones. Cada membrana està destinada a aconseguir una instal·lació més compacta, disminuir els costos d'inversió i maximitzar la superfície de membrana continguda en un recipient de pressió.

Les membranes es poden classificar segons molts criteris. Un dels més utilitzats és el que es realitza respecte el punt de vista estructural, pel qual hi ha dos tipus d'estructures a les membranes d'osmosi inversa: **[15]**

- Simètriques: on s'exhibeixen les mateixes característiques físico-químiques a qualsevol part d'elles, és a dir, ofereixen una estructura porosa uniforme.

- Asimètriques: estan formades per una capa de polímer prima sota la qual hi ha una de gruixuda i porosa. Té tres parts: la capa superior o activa és la barrera que permet el pas de l'aigua i no de la sal, la capa intermitja suporta la capa activa, i la capa inferior és la que dona resistència mecànica al conjunt. Aquestes són les membranes més utilitzades a l'osmosi inversa, ja que ofereixen un alt rebuig de sals i grans quantitats d'aigua producte.

Un altre criteri que es fa servir freqüentment per classificar les membranes és segons la forma que presenten un cop fabricades, on es poden distingir els següents tipus de membranes:

Membranes planes



En aquesta configuració, les membranes són làmines unides a una placa rígida, que pot ser de plàstic o bé de fibra de vidre porós, o de paper porós reforçat. Els conjunts placa-membrana es col·loquen en un recipient a pressió, que permet el contacte de l'aigua de procés amb tots els costats de les plaques. Aquest disseny es fa servir en processos químics i per al tractament de productes alimentaris. No es fa servir gaire en el món de la dessalació.

Membranes tubulars

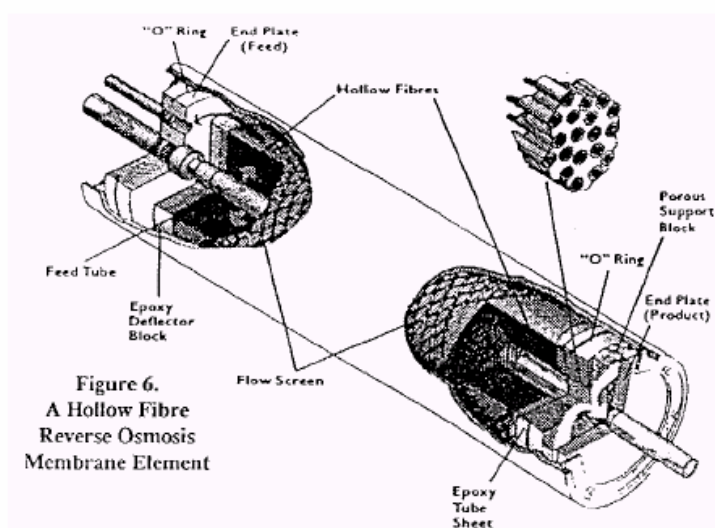
Aquesta segona configuració és la més simple de totes, pel que fa al seu disseny. La membrana es moldeja a la superfície interior d'un tub porós, o bé es col·loca dins d'aquest. L'aigua producte passa a través de la membrana i del tub porós, i va a parar a un dipòsit de recollida per a la seva retirada del sistema.

El sistema tubular presenta una superfície de membrana per unitat de volum reduïda. El seu ús principal és amb aigües o líquids amb una elevada terbolesa, ja que pot netejar-se amb facilitat, tant per mitjans mecànics com hidràulics. L'inconvenient principal que té aquest tipus de membrana és el seu elevat cost d'inversió respecte les altres membranes.

Membranes de fibra buida

Aquest tipus de membranes consisteixen en uns tubs buits molt petits de la grandària d'un cabell humà. Els extrems de les fibres s'insereixen a una làmina d'"epoxy", un tipus de reïna, i el conjunt de membranes de fibra buida es disposen en un recipient a pressió.

L'aigua d'alimentació a pressió circula per fora de les fibres, mentre que el filtrat circula per l'interior d'aquestes cap al final de la fibra, on es recull l'aigua producte dels milers de fibres. A la figura E.10. es pot veure un esquema d'aquest tipus de membranes.



Aquesta configuració presenta un important avantatge: tenen la màxima superfície per unitat

Fig. E.10. Esquema de la membrana de fibra buida per a l'osmosi inversa

de volum de tots els tipus de membranes, raó per la qual el seu ús és molt estès. Pel que fa als desavantatges, cal dir que el seu cost de fabricació és superior al de les membranes d'espiral (que es comentaran tot seguit) i que són molt propenses a embrutiments, degut al poc espai entre les fibres.

Membranes d'espiral

Consisteixen en dues capes de membrana semipermeable, separades per un teixit suport porós. Les membranes estan enrotllades al voltant d'un tub central perforat que recull el producte. A la figura E.11. hi ha un esquema d'aquest tipus de membranes:

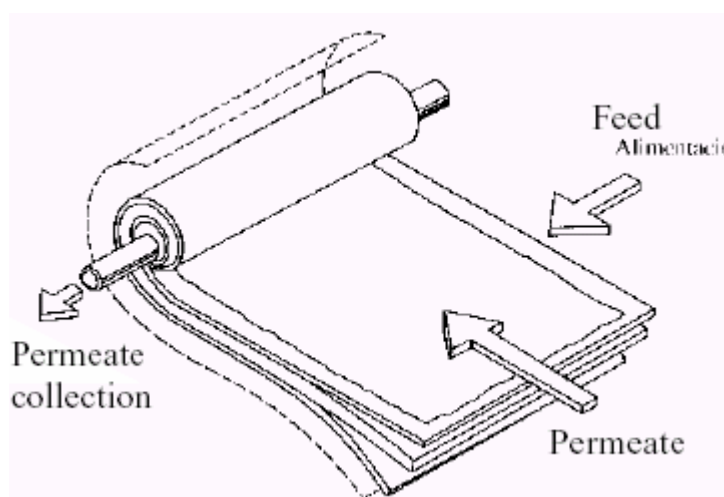


Fig. E.11. Esquema de la membrana d'espiral per a l'osmosi inversa

L'aigua d'alimentació, a una pressió superior a l'osmòtica, passa a través de la membrana, a l'interior del teixit suport porós pel qual accedeix al tub central perforat, on es recull i s'elimina del sistema. [2]

La configuració en espiral presenta una gran superfície de membrana per unitat de volum, un reduït cost de fabricació i certa facilitat de neteja, tant per via química com hidràulica. El seu principal inconvenient és que no pot fer-se servir per al tractament de líquids d'elevada terbolesa, ja que la secció de pas entre les membranes és molt petita, i per tant, susceptible d'obstruccions.



La membrana en espiral és la més emprada actualment per a les plantes d'osmosi inversa, per qüestions de mercat, ja que és qui té més fabricants. Juntament amb la membrana de fibra buida, són els dos tipus de membrana més utilitzats en el camp de la dessalació.

D'altra banda, per determinar el nombre de membranes requerit per a una planta d'osmosi inversa, cal considerar factors com ara les característiques de l'aigua d'alimentació, la temperatura, la conversió total de la planta, la pressió d'alimentació i el coeficient de compactació de la membrana.

E.2.4. Paràmetres de funcionament d'una planta d'osmosi inversa

A continuació s'expliquen els principals paràmetres i variables que regeixen el procés d'osmosi inversa, i a través dels quals hom pot realitzar els càlculs oportuns per determinar el dimensionament de la planta, la seva capacitat i la seva eficiència. [15]

El balanç de masses i concentracions que es realitza en aquest sistema ve marcat per l'esquema de la figura E.12., en la qual hi ha els elements que hi participen:

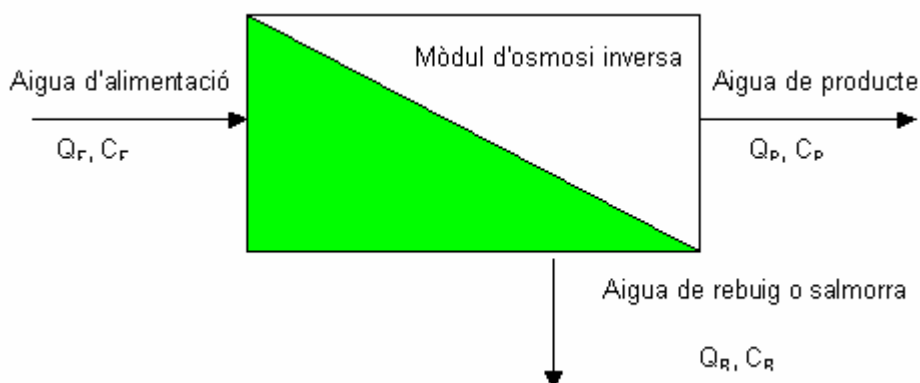


Fig. E.12. Cabals i concentracions dels corrents que participen al procés d'osmosi inversa

Aplicant els balanços de massa i de concentracions als diferents corrents que participen al sistema de la figura 5.12., s'obtenen les següents equacions:

$$Q_F = Q_P + Q_R \quad (\text{Eq. E.1.})$$

$$Q_F \cdot C_F = Q_P \cdot C_P + Q_R \cdot C_R \quad (\text{Eq. E.2.})$$

A partir dels cabals (Q) i concentracions (C) de cadascun dels corrents que intervenen al procés d'osmosi inversa, s'obtenen diferents paràmetres que determinen les característiques de la instal·lació:



Factor de conversió (R)

El factor de conversió (R) s'expressa en tant per cent i és el quocient entre el cabal d'aigua de producte (Q_P) i el cabal de l'aigua bruta d'alimentació (Q_F):

$$R = \frac{Q_P}{Q_F} \cdot 100 \quad (\text{Eq. E.3.})$$

Aquest paràmetre indica el grau de conversió en aigua dessalada de tota l'aigua bruta d'alimentació. Per calcular la conversió total, cal primer obtenir els factors de conversió parcials de cada tub modular, i aquests a partir de la conversió de cada element.

En dessaladores d'aigua del mar, s'obté un valor de R d'un 45% aproximat en una sol pas, superant-se aquest percentatge si hi ha més d'un pas. Si l'aigua d'alimentació és salobrosa, les conversions màximes són molt més elevades, al voltant d'un 85-90%, si es fa servir més d'un pas.

Cabal de l'aigua producte (Q_P)

El cabal de l'aigua producte en una membrana té la següent expressió simplificada:

$$Q_P = L_P \cdot A \cdot (\Delta P - \Delta \Pi) \quad (\text{Eq. E.4.})$$

$$L_P = \frac{K_P}{r} \quad (\text{Eq. E.5.})$$

A l'equació E.4., els gradients ΔP i $\Delta \Pi$ representen, respectivament, la diferència de pressió hidrostàtica a través de la membrana i el diferencial de pressió osmòtica. La lletra A representa l'àrea de la membrana instal·lada. A l'equació E.5., apareix la definició de la permeabilitat hidràulica de l'aigua (L_P), que es calcula com el quocient entre el coeficient associat a la permeabilitat (K_P) entre el gruix de la membrana (r).

L'equació E.4. indica un càlcul per al cabal de l'aigua producte sense aplicar-hi les correccions que s'han de tenir en compte per les circumstàncies i les condicions del medi. Amb els factors de correcció necessaris, s'obté la següent relació:

$$Q_P = f_P \cdot f_T \cdot f_t \cdot Q_{P0} \quad (\text{Eq. E.6.})$$

A l'equació 5.6., el cabal Q_{P0} indica el cabal d'aigua producte de la planta en condicions normalitzades, és a dir, la definició de l'equació E.4. El cabal real (el nou Q_P) també és definit per tres factors de correcció: f_P fa referència a la productivitat associada a la pressió, f_T es



refereix a la temperatura, i f_t és el factor de disminució del cabal específic de les membranes com a conseqüència del temps d'operació.

Pas de sals (SP) i cabal de sals (Q_s)

Aquest paràmetre indica la concentració de sals que ha restat al corrent d'aigua producte respecte la concentració d'aigua d'alimentació bruta inicial, i s'expressa d'aquesta manera:

$$SP = \frac{C_P}{C_F} \quad (\text{Eq. E.7.})$$

El percentatge de rebuig a les sals (S) es troba directament amb el paràmetre SP:

$$S = (1 - SP) \cdot 100 \quad (\text{Eq. E.8.})$$

Tal i com ha passat anteriorment, les equacions E.7. i E.8. no tenen en compte els factors de correcció que es produeixen en condicions no normalitzades.

$$SP = f_c \cdot (SP_0) \quad (\text{Eq. E.9.})$$

A l'equació E.9., SP_0 és el definit a l'equació E.7., i SP és el pas de sals calculat en condicions no normalitzades, gràcies al factor de correcció f_c .

D'altra banda, la concentració de sals a l'aigua producte (C_P) es pot definir a partir del quocient entre el cabal de sals total que hi ha (Q_s) i el cabal de l'aigua de producte (Q_P):

$$C_P = \frac{Q_s}{Q_P} \quad (\text{Eq. E.10.})$$

El cabal de sals es pot definir alternativament amb la següent expressió:

$$Q_s = K \cdot \frac{A}{d} \cdot \Delta C \quad (\text{Eq. E.11.})$$

A l'equació E.11., la constant K és característica de cada tipus de membrana, A segueix sent l'àrea de la membrana instal·lada, d correspon al gruix de la membrana i el gradient ΔC indica la diferència de concentració d'una determinada sal a través de la membrana. Aquest gradient, doncs, es pot expressar així:

$$\Delta C = C_{FR} - C_P \cong C_{FR} \quad (\text{Eq. E.12.})$$

A l'equació E.12., C_{FR} és la força generalitzada per a la transferència de masses de les sals a través de la membrana, és a dir, la relació entre les concentracions d'aigua d'alimentació i



aigua de rebuig o salmorra, i aquest valor és molt superior a la concentració en sals de l'aigua producte (C_P). D'aquí ve la consideració per la qual es pot menysprear aquest valor enfront de C_{FR} .

El cabal de sals, doncs, es defineix alternativament d'aquesta manera:

$$Q_S = B \cdot C_{FR} \quad (\text{Eq. E.13.})$$

A l'equació E.13., B és una constant única i característica per a cada tipus de membrana.

El nivell de rebuig a les sals en una membrana d'osmosi inversa dependrà de l'ió en particular que es consideri, de les condicions operatives (com ara la pressió i el factor de conversió R) i del tipus de membrana emprada.

E.3. Estudi d'altres processos de membranes

Hi ha altres processos de dessalació amb membranes, a més de l'osmosi inversa. El més important d'ells és l'electrodiàlisi, un procés relativament modern, i també està adquirint importància la nanofiltració. L'intercanvi iònic també s'analitza en aquest apartat.

E.3.1. Electrodiàlisi

L'electrodiàlisi no és un mètode de dessalació gaire estès, sobre tot degut al fet que només dessala aigües salobroses, i no aigua del mar. Aquesta circumstància es dona perquè és un procés que només pot separar substàncies que estan ionitzades, i per tant, la seva utilitat i rendibilitat està especialment indicada només en el tractament d'aigües salobroses (amb una salinitat més baixa que les aigües marines, amb les quals no és viable l'ús d'aquest mètode, degut al gran consum energètic que caldria realitzar, ja que la seva superior salinitat implica una molt més gran presència de substàncies ionitzades que caldria separar), o bé en la reutilització d'aigües residuals.

El fet que no es faci servir aquest mètode per dessalar aigua marina fa que l'electrodiàlisi tingui molt limitades les seves aplicacions, i la seva utilització al món. D'aquesta manera, la seva expansió es veu perjudicada.

Aquest procés té el seu origen en l'electròlisi. El fenomen de l'electròlisi es produeix quan es disposa d'una dissolució en una cubeta, i s'aplica tensió elèctrica entre dos elèctrodes. Llavors, els ions dissolts són atrets cap als elèctrodes per efecte de les càrregues elèctriques oposades.

Els cations (ions de càrrega positiva) són atrets cap a l'elèctrode de polaritat negativa, el càtode. D'igual manera, els anions (ions de càrrega negativa) ho són cap a l'elèctrode de



polaritat positiva, l'ànode. Els ions es mouen cap a un dels dos elèctrodes, i a prop d'aquests elèctrodes es produeixen unes reaccions químiques específiques.

Del conjunt d'aquest sistema se'n diu pila electrolítica. Cal aplicar-hi una tensió elèctrica externa contínua per dur a terme el procés d'electròlisi. A la figura E.13. es pot veure un esquema simplificat d'aquest fenomen electrolític.

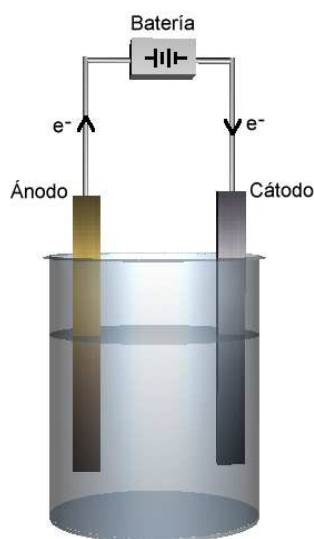


Fig. E.13. Esquema senzill del fenomen de l'electròlisi

Si a la pila electrolítica que es pot veure a la figura E.13. s'hi introdueix una membrana selectiva entre els dos elèctrodes, l'efecte que es produirà serà diferent. Aquesta membrana està preparada per permetre el pas dels ions amb una determinada càrrega, ja sigui positiva o negativa, segons sigui la membrana.

Per tant, hi haurà membranes catióniques i aniòniques, segons el tipus d'ions que són capaces de separar. Aquestes membranes sempre es fan servir en conjunt, fet pel qual s'instal·len parells de membranes. En aquest moment, hi haurà el procés de l'electrodiàlisi.

Als extrems dels parells de membranes hi haurà connectats el càtode, l'ànode i els elèctrodes, alimentats per una tensió elèctrica contínua. De vegades, la polaritat dels ànodes i els càtodes s'inverteix alternativament per evitar l'embrutiment de les membranes selectives al pas d'aquests ions. En aquest cas, l'electrodiàlisi serà reversible.

A la figura E.14. es pot veure un esquema simplificat del procés d'electrodiàlisi, amb diferents membranes selectives. El corrent de rebuig s'emporta tots els ions, com ara els que formen



la sal (el catió sodi Na^+ i l'anió clorur Cl^-), i l'aigua de producte quedarà desmineralitzada, i per tant, apta per al consum humà.

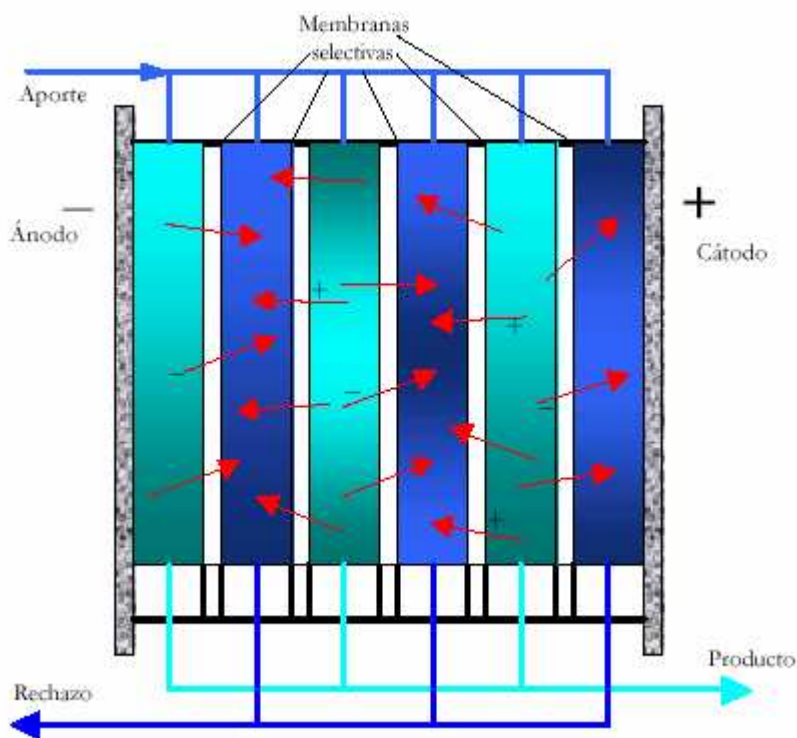


Fig. E.14. Esquema simplificat del procés de l'electrodiàlisi [14]

Les membranes d'electrodiàlisi són un element específic d'aquest mètode dessalador. Aquestes són d'un cert gruix, de l'ordre d'uns mil·límetres, i tenen suficient resistència mecànica per elles mateixes, sense necessitat de cap suport mecànic addicional. El rendiment de l'operació de separació de sals, en aquest cas, no depèn del gruix, fet contrari del que passa per a les membranes d'osmosi inversa.

L'avantatge principal de l'electrodiàlisi és la seva versatilitat respecte a la gamma de capacitats de producció, és a dir, pot funcionar amb uns requeriments productius alts o més moderats. Un altre punt a favor d'aquest procés és que presenta un baix consum d'energia, sempre que es tracten aigües salobreses. El pre-tractament d'aquest mètode és més simple i senzill que el que es practica a l'osmosi inversa.



E.3.2. Nanofiltració, ultrafiltració i microfiltració

El procés de nanofiltració és molt similar a l'osmosi inversa. La diferència rau en el fet que la nanofiltració fa servir membranes amb menor rebuig de sals, però d'altra banda aquest procés treballa a pressions considerablement menors que l'osmosi inversa. Això s'aconsegueix amb una grandària superior als porus de la membrana, la qual cosa facilita el pas dels ions més petits i mòbils. No és, per tant, un sistema gaire adequat per retenir sals amb ions monovalents, com poden ser els clorurs o els nitrats, però sí ho és per als bicarbonats. La matèria orgànica, els virus i els bacteris també són retinguts mitjançant aquest sistema.

En la pràctica, la diferència entre la nanofiltració i l'osmosi inversa està basada en el pes molecular crític de la membrana. Aquest paràmetre, amb les sigles MWCO (Molecular Weight Cut-off, en anglès), distingeix els dos processos. UN MWCO de 500 vol dir que molècules amb pes molecular per sobre de 500 són rebutjades gairebé en la seva totalitat, mentre que aquelles amb pes molecular menor a 500 aconseguixen en gran mesura travessar la membrana. [73]

La ultrafiltració, també molt semblant a osmosi inversa i nanofiltració, es caracteritza per tenir el pes molecular crític de la membrana més alt de les tecnologies que fan servir aquest element per dessalar l'aigua. Mentre les membranes d'osmosi inversa tenen un MWCO inferior a 200, les membranes d'ultrafiltració tenen un valor d'aquest paràmetre per sobre de 1000. És molt eficient fer-la servir com a pre-tractament dins d'una planta d'osmosi inversa, ja que és capaç d'eliminar gran part de les substàncies que s'incrusten a les membranes d'OI i que fan baixar l'eficiència de la instal·lació. Entre les dues es troben les membranes de nanofiltració.

La microfiltració és un procés anàleg als dos anteriors (a vegades considerat com una fase de pre-tractament de l'osmosi inversa), i té la particularitat, a més d'eliminar els sòlids suspesos a l'aigua, de reduir l'embrutiment de l'aigua d'entrada, amb l'objectiu d'evitar un excessiu embrutiment de les membranes del procés, i reduir-ne el recanvi d'aquesta manera la freqüència de recanvi.

Per ordre de més rebuig de sals a menys, és a dir, de major a menor capacitat de dessalació, l'osmosi inversa és el procés més important, seguit de la nanofiltració, l'ultrafiltració i la microfiltració.

A la figura E.15. es pot veure el grau de rebuig, i per tant, d'eficàcia com a procés dessalador, de cadascun dels processos explicats en aquest apartat, comparant-los amb els de l'osmosi inversa.



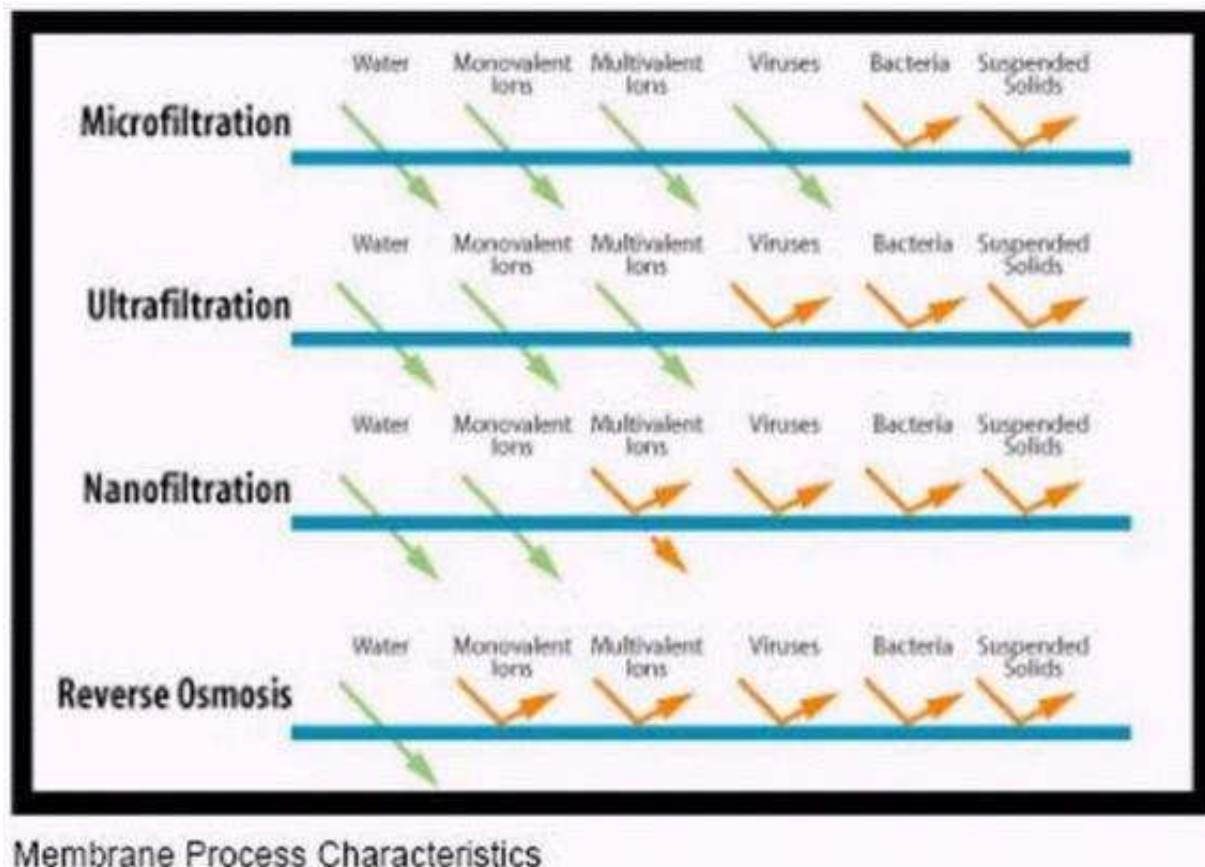


Fig. E.15. Grau de rebuig de diferents processos de membrana a diferents substàncies [47]

Com es pot veure a la figura E.15., les principals diferències entre els processos de microfiltració, ultrafiltració, nanofiltració i osmosi inversa es basen en el seu grau de rebuig sobre diferents espècies que poden penetrar en les seves membranes.

D'aquesta manera, el procés amb menor rebuig és la microfiltració, que només impedeix el pas de bacteris i sòlids suspesos. La ultrafiltració té característiques molt semblants a la microfiltració, però en aquest cas, a més, rebutja els possibles virus que pugui haver-hi a l'aigua d'alimentació. Degut a les seves característiques, aquests processos s'acostumen a emprar en la fase de pre-tractament d'altres processos més eficaços en la depuració i dessalació de l'aigua, com es pot veure al llarg del capítol 7 de la Memòria.

La nanofiltració i l'osmosi inversa són mètodes amb unes membranes molt més eficaços i amb un grau de rebuig més gran. D'aquesta manera, la nanofiltració no només impedeix el pas de sòlids suspesos, bacteris i virus, sinó que també ho fa d'alguns ions multivalents, el radi dels quals sigui més gran. D'aquesta manera, es disminueix sensiblement el grau de salinitat de l'aigua. Malgrat això, el procés més preparat per rebutjar ions presents a l'aigua d'alimentació és l'osmosi inversa, ja que no només rebutja els ions multivalents, sinó que



també ho fa amb els monovalents, tal i com es pot comprovar. Per tant, només deixa passar l'aigua, convertint-se en el principal mètode dessalador per membrana.

E.3.3. Intercanvi iònic

Aquest és un mètode encara més minoritari que l'anterior, i es basa en les propietats d'unes substàncies anomenades reïnes d'intercanvi iònic. La filosofia del procés és molt semblant a la de l'electrodiàlisi, i consisteix a desionitzar l'aigua d'alimentació amb la finalitat de treure-li la sal que pugui contenir.

Les reïnes d'intercanvi iònic són substàncies insolubles, que tenen la propietat d'intercanviar ions amb la sal dissolta (en els ions Na^+ i Cl^-) si es posen en contacte. Hi ha dos tipus de reïnes:

- Reïnes aniòniques: Substitueixen anions de l'aigua, com podria ser l'ió clorur Cl^- , per ions hidroxil (OH^-). D'aquest fet se'n diu permutació bàsica.
- Reïnes catiòniques: Substitueixen cations de l'aigua, com podria ser l'ió sodi Na^+ , per ions hidrogen (H^+). D'aquest fet se'n diu permutació àcida.

Aquest mètode, que guarda semblances evidents amb l'electrodiàlisi, s'aplica per condicionar l'aigua per calderes a partir de vapors recollits o aqüífers, o en procés industrials amb tractament d'afinament. En general, es fa servir en situacions on es necessita una aigua d'una gran qualitat. L'intercanvi iònic, però, només ofereix aquests nivells de qualitat quan la concentració d'aigua bruta d'alimentació és inferior a 1 g/L.

Les reïnes normalment necessiten regeneració amb agents químics per substituir els ions originals i aquells que han estat fixats a la reïna, i acaben per esgotar-se. Aquest canvi implica un cost molt alt, fet que es fa inviable si l'aigua d'alimentació fos aigua del mar o aigua salobrosa, amb una presència d'ions més nombrosa (degut a la seva major salinitat).

Aquest procés té una aplicació molt estesa, degut als nivells de qualitat que pot presentar: en plantes de tractament d'aigües per al cicle de vapor a les centrals tèrmiques.

E.4. Impacte ambiental

En aquest Annex, s'analitza l'impacte ambiental dels processos dessaladors, així com una referència a les energies renovables i la seva relació amb el món de la dessalació, ampliant d'aquesta manera la informació de l'apartat 6.4. de la Memòria.



E.4.1. Impacte ambiental dels principals processos de dessalació

L'impacte ambiental causat per una planta dessaladora és diferent segons el tipus de procés que faci servir. En aquest apartat es comparen els processos d'evaporació, tant l'evaporació multietapa (MSF) com l'evaporació multiefecte (ME, o MED), amb el procés d'osmosi inversa (OI). Tot seguit, a la figura E.16., hi ha una gràfica on s'indica l'impacte provocat per residus, emissions de gasos i consum energètic, entre d'altres, per als tres processos:

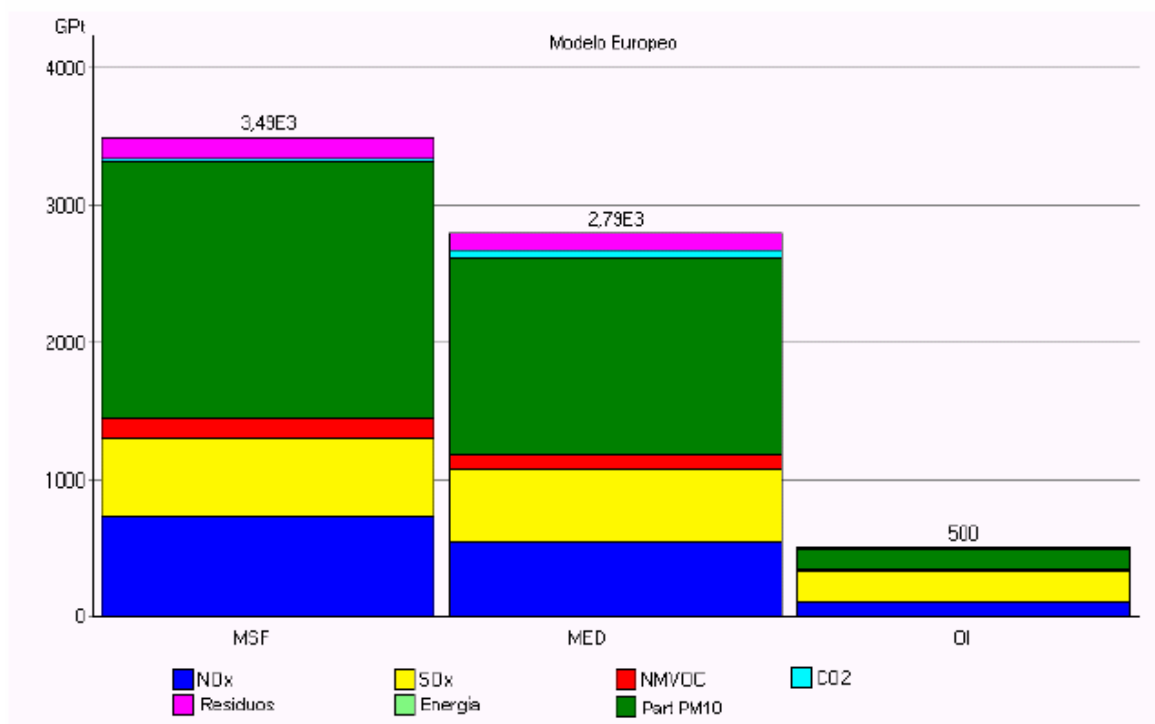


Fig. E.16. Comparació dels processos de dessalació pel mètode ECO-punts 97 [69]

Com es pot veure a la figura E.16., l'impacte ocasionat per l'osmosi inversa és molt inferior al dels processos d'evaporació. A la llegenda, les partícules PM10 fan referència les aquelles que tenen un pes molecular inferior a 10 micres, i les sigles NMVOC responen als compostos volàtils orgànics excepte el metà. El model ECO-punts 97 analitza aquests impactes en concret. Aquest estudi s'ha seguit amb la metodologia de l'ACV (Anàlisi del Cicle de Vida), que avalua els impactes ambientals d'un procés tenint en compte totes les etapes de la vida del mateix, i no només els impactes directes relacionats amb aquest.

Partint d'aquesta base, l'impacte ambiental de la construcció de les plantes d'osmosi inversa és mínim en comparació amb la fase d'explotació d'aquestes. Els processos d'evaporació (MSF i MED) seguiran aquesta tendència, encara que guanya pes, respecte les tecnologies



de membranes, l'impacte ambiental de la fase de muntatge de la planta respecte de la fase d'explotació.

D'aquesta manera, es pot concloure que l'impacte ambiental (incloent-hi els impactes directes i el que hi ha durant la vida operativa), en el cas de les instal·lacions d'osmosi inversa per dessalar aigua del mar és molt menor respecte les dessaladores amb tecnologies d'evaporació.

E.4.2. Energies renovables

Les energies renovables estan agafant protagonisme en els darrers temps, degut a la creixent contaminació del planeta. El món de la dessalació no és aliè a aquest fet. Amb la posada en marxa del programa AGUA, per augmentar l'oferta hídrica en més de 600 hm³/any, es consumiran gairebé 2500 GWh d'energia elèctrica, si se suposa un consum energètic de 4 kWh/m³. Aquesta quantitat d'energia pot ser generada amb energia primària convencional (on equival a un terç de l'energia generada en un any per una central nuclear de 1300 MW o tota l'energia generada per una central de carbó de 500 MW) o amb energia primària renovable (equivalent a 700 aerogeneradors de 2 MW).

Les tres energies renovables més adequades per les plantes de dessalació són l'eòlica, la solar tèrmica i la solar fotovoltaica. En tots tres casos, les dessaladores no han de tenir una gran capacitat de producció, perquè l'extensió de terreny que cal per implantar qualsevol tipus d'energia renovable no fa viable l'ús d'aquestes tecnologies. [29]

- Energia eòlica: És el sistema més apropiat quan hi ha requisits més elevats de potència (en plantes de capacitat mitjana, per exemple). Funcionen amb aerogeneradors, que són màquines que transformen l'energia cinètica del vent en energia mecànica i elèctrica. La potència eòlica dels aerogeneradors més potents arriba a 2000 kW. El potencial eòlic tècnicament aprofitable a l'Estat espanyol és de 43000 MW, però només una quarta part aproximadament s'aprofita per obtenir energia eòlica. Navarra és la comunitat autònoma on hi ha un major grau de desenvolupament d'aquestes tecnologies. A nivell europeu, Dinamarca és el país amb més potència instal·lada per habitant.

- Energia solar tèrmica: Un sistema de generació tèrmica està constituït per un conjunt de col·lectors o captadors de radiació solar que escalfen un fluid, el qual transfereix la calor a un segon fluid que s'emmagatzema en un acumulador. La principal aplicació de l'energia tèrmica és la producció d'aigua calenta sanitària d'ús residencial. El rendiment energètic dels captadors solars depèn de la radiació solar rebuda. Per exemple, a l'Estat espanyol hi ha una gran diferència entre els 300 kWh/m²/any de Bilbao i els 850 kWh/m²/any de Huelva. L'energia solar tèrmica no ha estat gaire desenvolupada a Espanya, tot i les seves condicions climàtiques favorables. Els principals països europeus que treballen aquesta



energia són Àustria, Grècia i Alemanya. A nivell estatal, les comunitats de Balears, Canàries i Andalusia destaquen en aquest camp.

- Energia solar fotovoltaica: Un sistema de generació solar fotovoltaic es basa en la propietat d'alguns materials d'emetre electrons quan reben radiació solar. Aquestes elements s'agrupen en cèl·lules i panells i proporcionen una tensió contínua que necessita d'un inversor per convertir-la en alterna. Les aplicacions són de baixa potència: edificis, serveis d'auxili i transmissió d'informació a zones aïllades, etc. El rendiment energètic és molt baix, al voltant del 15%. Alemanya és el principal productor d'aquesta energia, seguit del Japó i els Estats Units. Igual que amb l'energia solar tèrmica, l'Estat espanyol no produeix gaire energia per aquest procediment, tot i que és el primer fabricant europeu de panells solars. Navarra torna a encapçalar la llista de les comunitats amb més producció d'aquesta energia.

E.5. Integració de tecnologies

A més a més dels processos de dessalació que ja han quedat exposats, hi poden haver instal·lacions que facin servir models mixts, amb tecnologies diverses. Aquest fet és conegut com a integració de tecnologies. Els objectius d'aquesta integració van des de millorar la capacitat de producció de la planta dessaladora i la qualitat de l'aigua dessalada, passant per obtenir un major rendiment de la instal·lació, fins a minimitzar-ne els impactes mediambientals.

Tot seguit, es fa referència a dos casos de mètodes alternatius de dessalació basats en la integració de tecnologies.

E.5.1. Integració de les energies renovables

Les energies renovables han de jugar un paper important en el futur del món de la dessalació. Aquestes fonts d'energia poden ser aprofitades en plantes dessaladores que funcionin per mètodes clàssics, com els d'evaporació o de membranes.

El cas que s'analitza tot seguit parteix d'aquesta mateixa concepció. La integració de tecnologies, en aquestes circumstàncies, té l'objectiu de millorar la protecció del medi ambient i obtenir aigua de manera neta. Recollint aquesta filosofia, la Planta Solar d'Almeria (PSA), [20] tenint en compte la manca d'aigua que viu aquell territori andalús, i servint-se dels abundosos recursos hídrics marins, d'una banda, i de la gran radiació solar que hi ha, de l'altra, ha encetat un projecte d'obtenir una planta que funcioni amb evaporació o destil·lació multiefecte (MED) fent servir energia solar tèrmica.



A la figura E.17. es pot veure el diagrama de la primera fase del projecte, que té la missió d'estudiar la fiabilitat i viabilitat tècnica de la incorporació de l'energia solar tèrmica als processos de dessalació d'aigua marina.

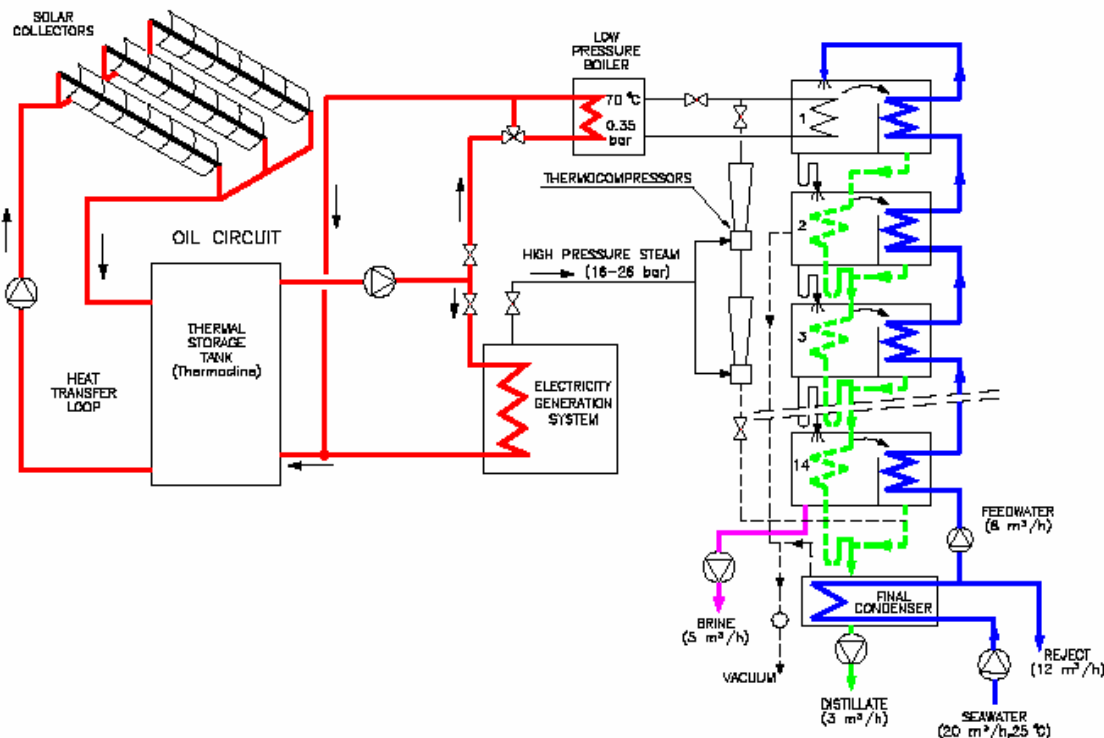


Fig. E.17. Esquema del sistema solar incorporat a la planta MED instal·lat a la Plataforma Solar d'Almeria (PSA) durant la primera fase del projecte [20]

El sistema que apareix a la figura E.17. està compost per una planta d'evaporació multiefecte amb 14 efectes, un camp de col·lectors solars cilíndrics i parabòlics i un tanc d'emmagatzematge tèrmic per conservar l'energia solar. El sistema opera amb oli sintètic que és escalfat mentre circula a través dels col·lectors solars. L'energia solar és convertida d'aquesta forma en energia tèrmica en forma de calor sensible de l'oli, i tot seguit és emmagatzemada al tanc d'emmagatzematge tèrmic. Aquest oli serà l'encarregat de proporcionar l'energia necessària a la planta d'evaporació multiefecte (MED).

En aquesta primera fase del projecte, es va poder determinar una alta fiabilitat del mateix, amb un bon acoblament de les dues tecnologies, i un rendiment de la planta acceptable, tenint en compte a més que es pot augmentar aquest rendiment amb vapor d'alta pressió per alimentar la instal·lació MED.

Malgrat els bons resultats experimentals obtinguts, aquest sistema no és competitiu econòmicament amb els sistemes convencionals. Per mirar de canviar aquesta situació, l'any



2002 la PSA va encetar un nou projecte per aconseguir millorar tant els impactes mediambientals com l'eficiència econòmica. Entre el conjunt de mesures, hi destaquen la incorporació de nous col·lectors solars millorats i un nou prototipus de bomba d'absorció, així com l'eliminació de qualsevol tipus d'abocament al medi ambient.

E.5.2. Integració de tecnologies amb cel·les de combustible

La integració de diferents tecnologies, en el cas de la incorporació de cel·les de combustible, té objectius similars al cas exposat a l'apartat E.5.1. En aquesta situació, l'ús de cel·les de combustible com a font d'energia té l'objectiu d'obtenir un creixement de l'eficiència de la planta dessaladora i l'optimització dels costos associats a l'aigua dessalada. El combustible que es fa servir normalment en aquest procés, tot i no descartar-ne d'altres, és el gas natural. [48]

A la figura E.18., hi ha una de les possibles configuracions que pot acabar tenint la planta amb la incorporació d'aquest element. El procés dessalador al qual anirà acoblat el sistema de cel·les de combustible és en aquest cas l'osmosi inversa.

Amb aquesta nova concepció, s'eviten alguns tots els costos relatius amb les tecnologies d'evaporació, i hi ha una nova opció per aprofitar la calor desaprofitada.

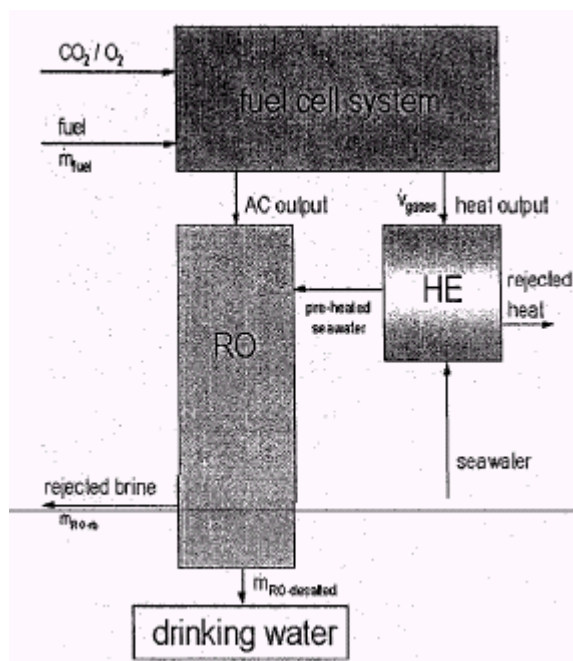


Fig. E.18. Diagrama de blocs simplificat d'una planta d'osmosi inversa amb la incorporació de cel·les de combustible com a font d'energia [48]



A les unitats d'osmosi inversa, la temperatura té un efecte significatiu en la pressió osmòtica i el corrent d'aigua dessalada. La calor alliberada a les cel·les de combustible es fa servir per preescalfar l'aigua del mar, abans de dessalar-la a la unitat d'osmosi inversa.

Aquest preescalfament permet una reducció en la pressió de l'aigua que es requereix per mantenir la producció constant. Tot i això, no és bo escalfar l'aigua més enllà dels 40 °C, degut als problemes d'embrutiment i deteriorament de les membranes del procés.

Segons el tipus de combustible, les dimensions de la planta i seu funcionament, oscil·larà el rendiment d'aquestes instal·lacions, amb la incorporació de cel·les de combustible. En general, però, es produirà un increment del rendiment de la planta d'osmosi inversa al voltant d'un 5%.

Aquesta pujada del rendiment, tot i no ser molt gran, pot resultar molt significativa, segons la producció que s'hagi fixat com a objectiu, i pot representar una major eficiència econòmica de la instal·lació de dessalació.



F. Càlculs per als processos dissenyats

Aquest Annex mostra els càlculs més importants que s'han realitzat per poder omplir les matrius de components de cadascun dels processos descrits al capítol 7 de la Memòria.

F.1. Càlcul del punt 7.1.

En aquest Annex es realitzen els càlculs corresponents al procés descrit a l'apartat 7.1. de la Memòria. Per simplificar els càlculs, d'entrada no es té en compte el factor de 10^3 amb què els fluxos (en kg/h) de tots els corrents s'han de multiplicar. **[49]**

Corrent 1

Per trobar la massa dels sòlids dissolts presents al corrent d'entrada 1, de l'aigua d'alimentació, s'agafa la salinitat dels 31500 ppm, que són 31500 mg/L d'aigua dessalada. Fent factors de conversió, s'arriba a la solució:

$$\text{Massa de les sals: } 31500 \frac{\text{mg}}{\text{Laigua}} \cdot \frac{1 \text{Laigua}}{1 \text{kg aigua}} \cdot \frac{1 \text{kgsal}}{10^6 \text{mg sal}} \cdot 1630 \text{kg aigua} / h = 51,345 \text{kgsal} / h$$

Aigua = $1630 - 51,345 = 1578,65$ kg/h aigua. D'aquest valor, una part seran substàncies de rebuig, com ara sòlids suspesos, i que poden representar 15,78 kg/h del total d'aigua, fet que suposaria un 1% sobre el total. Per tant, d'aigua en queda 1562,87 kg/h.

Aquest serà el conjunt del flux de totes les sals:

$$51,345 \text{ kg/h} \cdot (80,1 \% \text{ NaCl}) = 41,13 \text{ kg/h NaCl}$$

$$51,345 \text{ kg/h} \cdot (9,71 \% \text{ CaCO}_3) = 4,98 \text{ kg/h CaCO}_3$$

$$51,345 \text{ kg/h} \cdot (10,19 \% \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 5,23 \text{ kg/h MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

La pressió és l'atmosfèrica: 1 atm = 1,013 bar; i la temperatura ambient = 25 °C.

Corrent 2

La pressió augmenta per l'efecte de la bomba de baixa pressió. D'aquesta manera, se suposa una pujada de la pressió del corrent 2 fins a 4 bar, pressió adequada per entrar a l'equip de microfiltració, **[50]** no tan elevada com en d'altres processos.

Corrent 3



El corrent 3 és el que ha passat la microfiltració. En aquest procés, s'eliminen una petita quantitat de sals, que es considera pràcticament menyspreable (en aquest cas, es pot suposar una petita pèrdua de la sal NaCl, però no de les minoritàries), al costat dels equips de NF i OI, així com els sòlids suspesos que hi poden haver. Suposant una eliminació del 90% de sòlids suspesos, queden 1,6 kg/h de rebuig al corrent 3. Una petita part de l'aigua, al voltant d'un 5%, acompanyarà aquest corrent de rebuig.

Per tant, l'aigua que queda és: $1563 * 0,95 = 1484,85$ kg/h d'aigua.

La pressió disminueix fins la pressió de treball de l'equip, que es considera en aquest cas de 4 bar. Es considera una temperatura en l'equip de microfiltració de 40 °C.

Corrent 4

El corrent 4 tindrà substàncies de rebuig de 14,4 kg/h, més els 2 kg/h que s'han suposat que s'han filtrat de la sal majoritària, NaCl i l'aigua que queda en aquest corrent. Es considera que la seva pressió de sortida serà la de l'equip, és a dir, 4 bar.

L'aigua que queda al corrent és: $1563 * 0,05 = 78,15$ kg/h d'aigua

Corrent 5

El corrent 5 tindrà els mateixos components que l'equip 3. Haurà disminuït la seva temperatura fins a la temperatura ambient, i la pressió augmentarà fins a 10 bar, [50] anàlogament al procés realitzat anteriorment, però amb la pressió més alta, degut a què la nanofiltració treballa a pressions més elevades que la microfiltració. Tot i l'elevada pressió del corrent, l'equip de nanofiltració no acostuma a treballar a unes pressions tan elevades, encara que ho podria fer (les membranes de nanofiltració treballen entre 5 i 80 bar de pressió).

Corrent 6

El corrent 6 és l'encaminat a ser l'aigua producte, que surt de l'equip de nanofiltració. L'altre corrent, el 14, és el de la salmorra altament concentrada. L'eliminació de sals que s'haurà produït, calculant valors mitjans a partir del rebuig a cada ió de la sal que efectua la nanofiltració, és la següent:

NaCl: 16% de rebuig $\rightarrow 39,13$ kg/h $* 0,84 = 32,87$ kg/h

CaCO₃ : 75% de rebuig $\rightarrow 4,98$ kg/h $* 0,25 = 1,245$ kg/h

MgSO₄·7H₂O : 89,5% de rebuig $\rightarrow 5,23$ kg/h $* 0,105 = 0,55$ kg/h



Una part de l'aigua anirà amb el corrent de rebuig de la nanofiltració. De tota manera, serà una quantitat d'aigua petita, al voltant d'un 12% del total. És per això que el corrent 14 tindrà una alta concentració de sals, ja que hi haurà les sals en un volum reduït d'aigua.

L'aigua que queda al corrent és: $1485 * 0,88 = 1306,8$ kg/h d'aigua

Pel que fa als residus, es considera una eliminació d'un 90%, amb la qual cosa, queden 0,2 kg/h de corrent de sòlids suspesos.

Es considera uns valors de pressió i temperatura per a l'equip de nanofiltració de 10 bar i 40 °C, respectivament. La pressió per a la nanofiltració, doncs, és més elevada que per a la microfiltració.

Corrent 7

Aquest corrent tindrà la mateixa composició que el corrent 6, amb la diferència que la temperatura ja serà la temperatura ambient, 25 °C, i que la pressió augmentarà, com en les altres dues bombes d'alta pressió, però en aquest cas molt més, degut a què l'osmosi inversa té unes pressions de treball molt més altes, en aquest cas fins als 69 bar. **[50]**

Corrent 8

El corrent 8 és el de l'aigua producte, un cop s'ha fet passar per l'equip d'osmosi inversa. Cal tenir en compte, doncs, els valors del rebuig a les diferents sals que encara hi ha, i a la petita quantitat de sòlids suspesos que encara hi ha, i que en aquest pas es considera definitivament menyspreable.

NaCl: 98,95% de rebuig $\rightarrow 32,87$ kg/h $* 0,0105 = 0,345$ kg/h

CaCO₃ : 99,05% de rebuig $\rightarrow 1,245$ kg/h $* 0,0095 = 0,0118$ kg/h

MgSO₄·7H₂O : 99,6% de rebuig $\rightarrow 0,55$ kg/h $* 0,004 = 0,0022$ kg/h

L'aigua d'entrada a l'equip d'OI té un flux de 1307 kg/h. Per a què els sistema, globalment, tingui una eficiència del 71,6%, i tenint en compte l'eficiència en el pas de la nanofiltració, el rendiment de l'equip d'OI serà molt elevat, considerant-lo d'un 80%. D'aquesta manera:

Aigua producte = 1307 kg/h $* 0,8 = 1045,6$ kg/h

La pressió a la qual treballarà l'equip d'OI se suposa de 69 bar, sensiblement superior a la de la nanofiltració. La temperatura també serà més elevada, d'uns 85 °C.

Corrent 9



El corrent 9 és el corrent de rebuig que surt de l'equip d'osmosi inversa. El flux dels seus components depèn del balanç de matèria que s'ha de realitzar, amb les dades de l'altre corrent de sortida, el corrent 8, i el corrent d'entrada, el 7. D'aquesta manera:

$$\text{Aigua que queda} = 1307 - 1045,6 = 261,4 \text{ kg/h}$$

$$\text{NaCl: } 32,87 - 0,345 = 32,525 \text{ kg/h}$$

$$\text{CaCO}_3 : 1,245 - 0,0118 = 1,2332 \text{ kg/h}$$

$$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} : 0,55 - 0,0022 = 0,5478 \text{ kg/h}$$

Els valors de la pressió i la temperatura seran els mateixos que els del corrent 8. Se suposa que els sòlids suspesos són expulsats en aquest corrent de rebuig.

Corrent 10

El corrent 10 té la mateixa composició que el 9. L'única diferència està en què recupera la temperatura ambient i també la pressió atmosfèrica, gràcies a l'acció de la vàlvula.

Corrent 11

El corrent 11 és el corresponent a l'aigua producte, aquell que s'obté com a resultat del procés dessalador. Aquest corrent té una composició molt semblant al corrent d'entrada 8, amb la diferència que l'aigua total present també es veurà incrementada degut a la presència d'aigua en l'altre corrent d'entrada al cristal·litzador per membrana, el corrent 19. D'aquesta manera:

$$\text{Aigua producte: } 1045,6 \text{ kg/h} + 17,8 \text{ kg/h} = 1063,4 \text{ kg/h}$$

La quantitat de sòlids suspesos que encara duia el corrent 8 aniran a parar al corrent de residus 12. D'aquesta manera, el corrent 11, el de l'aigua de producte, es considera que surt sense aquestes substàncies de rebuig.

La petita quantitat de sals que duia el corrent 8 se suposa que es manté al corrent 11. Per veure el resultat de la salinitat, cal passar els 0,34 kg/h de NaCl a ppm, d'aquesta manera:

$$0,345 \cdot 10^3 \text{ kg/h NaCl} \cdot \frac{1\text{h}}{1063,4 \cdot 10^3 \text{ kg aigua}} \cdot \frac{1\text{kg aigua}}{1\text{Laigua}} \cdot \frac{10^6 \text{ mg NaCl}}{1\text{kg NaCl}} = 324,4 \text{ ppm NaCl}$$

Es fa de la mateixa manera amb la resta de sals presents, per trobar el TDS (total de sòlids dissolts) del corrent producte:



$$0,0118 \cdot 10^3 \text{ kg/hCaCO}_3 \cdot \frac{1h}{1063,4 \cdot 10^3 \text{ kgaigua}} \cdot \frac{1 \text{ kgaigua}}{1 \text{ Laigua}} \cdot \frac{10^6 \text{ mgCaCO}_3}{1 \text{ kgCaCO}_3} = 11,1 \text{ ppmCaCO}_3$$

$$0,0022 \cdot 10^3 \text{ kg/hMgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \cdot \frac{1h}{1063,4 \cdot 10^3 \text{ kgaigua}} \cdot \frac{1 \text{ kgaigua}}{1 \text{ Laigua}} \cdot \frac{10^6 \text{ mgMgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ kgMgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} =$$

$$= 2,07 \text{ ppm MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

Per tant, sumant la quantitat de les tres sals: $324,4 + 11,1 + 2,07 = 337,57$ ppm és el valor del total de sòlids dissolts, que determina la salinitat del corrent de l'aigua producte.

Per últim, es considera que aquest corrent de l'aigua producte estarà a pressió i temperatura ambient.

Corrent 12

El corrent 12 correspon als residus, procedents tant dels sòlids suspesos encara presents al corrent 8, com també dels que hi ha al corrent 19. D'aquesta manera:

Sòlids suspesos : $1,8 \text{ kg/h} + 0,2 \text{ kg/h} = 2 \text{ kg/h}$ de sòlids suspesos considerats com a residu del procés.

Es considera que aquest corrent estarà a pressió i temperatura ambient.

Corrent 13

El corrent 13 és el corresponent a les sals que s'obtenen com a subproducte en aquest procés. Se suposa una separació total d'aquestes un cop passades pel cristal·litzador per membranes. D'aquesta manera, en aquest corrent només hi haurà les sals que provenen del corrent 19, és a dir, $29,8 \text{ kg/h}$. A efectes qualitatius, cal tenir en compte que en aquest cristal·litzador, degut a l'escalfament per obtenir les sals sòlides, part de l'hidròxid de magnesi passa a òxid de magnesi (MgO), i per tant el resultat de les sals serà una barreja d'aquestes dues espècies.

La temperatura al cristal·litzador cal que sigui molt elevada per a què tingui lloc aquest procés. D'aquesta manera, es considera que la temperatura de les sals de sortida serà inicialment la mateixa a la qual ha tingut lloc la cristal·lització, aproximadament 800°C .

La pressió es considera d'un valor aproximat de 35 bar per a aquest procés.

Corrent 14



El corrent 14 surt de l'equip de nanofiltració, i correspon al corrent de rebuig o salmorra, amb una elevada concentració salina, ja que tot just ha estat filtrat un cop, i a l'equip de nanofiltració.

L'aigua que queda al corrent és: $1485 \cdot 0,12 = 178,2$ kg/h d'aigua.

La quantitat de sals que té surt directament aplicant un balanç de masses amb l'altre corrent de sortida, el corrent 6, i el corrent d'entrada 5. D'aquesta manera:

$$2 - 0,2 = 1,8 \text{ kg/h de sòlids suspesos}$$

$$39,13 - 32,87 = 6,26 \text{ kg/h NaCl}$$

$$4,98 - 1,245 = 3,735 \text{ kg/h CaCO}_3$$

$$5,23 - 0,55 = 4,68 \text{ kg/h MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

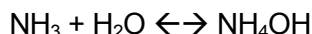
La seva pressió i temperatura seran les mateixes que les del corrent 6.

Corrent 15

El corrent 15 té la mateixa composició que el 14. L'única diferència està en què recupera la temperatura ambient i també la pressió atmosfèrica, gràcies a l'acció de la vàlvula.

Corrent 16

El corrent 16 està format pels anomenats agents precipitadors, que ajudaran a la precipitació de les sals que conté el corrent 15, un cop sortit de l'equip de nanofiltració. En aquest cas, és l'amoníac (NH_3) en estat gas el que participa en el procés. Les reaccions que hi tenen lloc, un cop afegit aquest compost, són les següents:



D'aquesta manera, precipitarà l'hidròxid de sodi ($\text{Mg}(\text{OH})_2 (\text{s})$).

L' NH_3 s'afegeix fins a representar el 8% en massa respecte el flux total que va a parar al precipitador. Per tant, agafant el corrent 15, s'observa que el seu flux és de 194,1 kg/h, en raó al qual es realitza el càlcul per al flux d'agent precipitador, en aquest cas, d'amoníac.

NH_3 : $194,1 \text{ kg/h} \cdot 0,08 = 15,528 \text{ kg/h}$ d'amoníac és el flux total del corrent 16.



A temperatura ambient, es troba en estat gas (ja que el seu punt d'ebullició és de $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$), i la seva pressió se suposa l'atmosfèrica.

Corrent 17

El corrent 17 està format pel líquid que se separa de la sal que precipita, principalment l'hidròxid de magnesi, juntament amb altres sals. Se suposa una separació del 90%, de manera que el corrent 18 encara tindrà una part de líquid acompanyant les sals:

Aigua : $178\text{ kg/h} \cdot 0,9 = 160,2\text{ kg/h}$ d'aigua.

Les sals que resten en aquest corrent es consideren menyspreables, ja que gairebé en la seva totalitat van a parar al corrent 18.

La temperatura del corrent es considera que és la de la reacció que hi té lloc, que és a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, i la pressió es considera l'atmosfèrica.

Corrent 18

Al corrent 18 hi haurà principalment les sals que hagin precipitat, producte de l'acció del precipitador. Hi restarà, de tota manera, una mica d'aigua:

Aigua que queda : $178 - 160,2 = 17,8\text{ kg/h}$ d'aigua

Per trobar les masses de les sals implicades, principalment $\text{Mg}(\text{OH})_2$, cal aplicar els següents factors de conversió, partint de les reaccions de l'amoniac:



Massa $\text{Mg}(\text{OH})_2$:

$$15,5\text{ kg/h} \cdot \frac{1000\text{ gNH}_3}{1\text{ kgNH}_3} \cdot \frac{1\text{ molNH}_3}{17\text{ gNH}_3} \cdot \frac{1\text{ molNH}_4\text{OH}}{1\text{ molNH}_3} \cdot \frac{1\text{ molMg}(\text{OH})_2}{2\text{ molNH}_4\text{OH}} \cdot \frac{0,0583\text{ kgMg}(\text{OH})_2}{1\text{ molMg}(\text{OH})_2} =$$

$$= 26,578\text{ kg/h Mg}(\text{OH})_2.$$

De la mateixa manera, les sals MgSO_4 i NaCl (pels ions clorur que poden formar MgCl_2 i que donen lloc també a hidròxid de magnesi) reaccionen amb l'amoniac com a agent precipitador. Aquestes són les seves quantitats:



$$15,5 \text{ kg/h} \cdot \frac{1000 \text{ g NH}_3}{1 \text{ kg NH}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol NH}_4 \text{ OH}}{1 \text{ mol NH}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol MgSO}_4}{2 \text{ mol NH}_4 \text{ OH}} \cdot \frac{0,1203 \text{ kg MgSO}_4}{1 \text{ mol MgSO}_4} =$$

= 54,84 kg/h MgSO_4 . Aquesta quantitat és impossible que reaccioni, ja que només hi ha 4,5 kg/h. Per tant, es considera que reacciona tot el sulfat de magnesi en la formació de la sal d'hidròxid de magnesi. De la mateixa manera, tot el clorur present al NaCl i també els ions carbonat del CaCO_3 reaccionen i precipiten, donant lloc a sals sòlides. Aquestes, però, seran menyspreables al costat de la sal principal de la mescla, el Mg(OH)_2 . L'amoníac se suposa que es consumeix tot ell en les reaccions de precipitació.

Per tant, no només hi haurà els 26,6 kg/h de Mg(OH)_2 procedents de la reacció directa amb l'amoníac, sinó també la resta de sals reaccionaran fins a complir el balanç de masses del precipitador, de tal manera que el corrent de sals total sumarà (incloent-hi les altres que no siguin l'hidròxid de magnesi) 29,8 kg/h.

El corrent de residus també serà present en aquest corrent. Les dades de pressió i temperatura són les mateixes que les del corrent 17.

Corrent 19

El corrent 19 té la mateixa composició que el 18, però amb diferent temperatura, per conseqüència del pas per l'escalfador, al qual el corrent és escalfat fins a una temperatura aproximada de 95 °C. La pressió es considera l'atmosfèrica.

F.2. Càlcul del punt 7.2.

En aquest Annex es realitzen els càlculs corresponents al procés descrit a l'apartat 7.2. de la Memòria.

Corrent 1

Per trobar la massa dels sòlids dissolts presents al corrent d'entrada 1, de l'aigua d'alimentació, s'agafa la salinitat dels 5000 ppm, que són 5000 mg/L d'aigua dessalada. Fent factors de conversió, s'arriba a la solució:

$$\text{Massa de les sals: } 5000 \frac{\text{mg}}{\text{Laigua}} \cdot \frac{1 \text{ Laigua}}{1 \text{ kgaigua}} \cdot \frac{1 \text{ kgsal}}{10^6 \text{ mgsal}} \cdot 25000 \text{ kgaigua/h} = 125 \text{ kgsal/h}$$

Aigua = 25000 – 125 = 24875 kg/h aigua. D'aquest valor, una part seran substàncies de rebuig, com ara sòlids suspesos, i que poden representar, en unes aigües salobreses



residuals, un 10 % del total, és a dir, 2487,5 kg/h d'aquestes substàncies, degut a la gran presència de residus orgànics que hi ha. Per tant, d'aigua en queda 22387,5 kg/h.

Aquest serà el conjunt del flux de totes les sals:

$$125 \text{ kg/h} \cdot (68 \% \text{ NaCl}) = 85 \text{ kg/h NaCl}$$

$$125 \text{ kg/h} \cdot (14 \% \text{ CaCO}_3) = 17,5 \text{ kg/h CaCO}_3$$

$$125 \text{ kg/h} \cdot (18 \% \text{ MgSO}_4) = 22,5 \text{ kg/h MgSO}_4$$

La pressió és l'atmosfèrica: 1 atm = 1,013 bar; i la temperatura ambient = 25 °C.

Corrent 2

El corrent 2 està format per una solució salina rica en NaCl, que, degut a l'efecte dels ions clorur presents, servirà per desinfectar l'aigua dels residus orgànics, que se separaran del corrent principal quan aquest passi per l'equip de filtració de mescla. Se suposa un flux de 3000 kg/h, en el qual la presència salina serà molt elevada, un 10%, arribant, per tant, als 300 kg/h. Això farà augmentar sensiblement la quantitat salina del corrent resultant (el 3).

La temperatura i la pressió del corrent són l'ambient, és a dir, 25 °C i 1 bar.

Corrent 3

El corrent 3, en quant a quantitats, és resultat de l'addició de clor (corrent 2) al corrent 1. Per tant, la quantitat de NaCl present seran els 300 kg/h més 85 kg/h de la salinitat normal del corrent 1. Per tant, la quantitat final serà de 385 kg/h, en un flux màssic total de 28000 kg/h.

La temperatura i la pressió del corrent són l'ambient, és a dir, 25 °C i 1 bar.

Corrent 4

El corrent 4 té la mateixa composició que el 3, i l'únic que canvia és la seva pressió, ja que ha passat per una bomba de baixa pressió, fet que fa augmentar la pressió del corrent, això sí, sense arribar a valors molt elevats, que són propis de les bombes d'alta pressió. Se suposa una pressió de 3 bar abans d'entrar a l'equip de filtració.

Corrent 5

El corrent 5 és el que surt com a residu procedent de l'equip de filtració de mescla. En aquest cas, se suposa una eficiència de la filtració d'un 90%. És a dir, la gran majoria dels residus i altres sòlids suspesos a l'aigua són eliminats en aquest pas. Per tant, el corrent tindrà la següent composició en residus:



Residus (kg/h) = $2487,5 \text{ kg/h} \cdot \text{eficiència } 90\% = 2238,75 \text{ kg/h}$ de residus hi ha al corrent 5.

La temperatura a la qual surt serà 35°C , i la pressió de 3 bar.

Corrent 6

El corrent 6 tindrà una composició molt menor en residus. Serà el 10% restant.

Residus (kg/h) = $2487,5 \text{ kg/h} - 2238,75 \text{ kg/h} = 248,75 \text{ kg/h}$ hi ha al corrent 6.

La resta de composicions no canviarà. Les condicions de pressió i temperatura són les mateixes que l'altre corrent de sortida de l'equip de filtració de mescla, el corrent 5.

Corrent 7

El corrent 7 està format per àcid fosfòric (H_3PO_4), que representa en aquest procés l'acció dels inhibidors d'escala i també dels reguladors de pH. Aquest àcid, de caràcter feble, serveix per estabilitzar el pH en cas de solucions lleugerament bàsiques. D'altra banda, contribueix a evitar l'aparició de "crostes" com a resultat de la precipitació de sals al corrent.

La quantitat suposada serà de 500 kg/h , amb unes condicions de pressió i temperatura ambientals.

Corrent 8

El corrent 8 que surt de l'equip de filtració de control veurà disminuïda significativament la seva presència de residus. Amb una eficiència suposada del 90% també en aquest cas, aquesta serà la quantitat que quedarà:

Residus (kg/h) = $248,75 \text{ kg/h} \cdot 0,1 = 24,875 \text{ kg/h}$ de residus hi ha al corrent 8.

Dins d'aquest grup de residus, també hi ha sòlids en suspensió i algunes sals que han precipitat, i que no estan dissoltes a l'aigua, com se suposa que romanen les tres sals que s'estan estudiant, la composició de les quals es considera que segueix constant.

L'àcid fosfòric es dissocia parcialment amb l'aigua. D'aquesta manera, es considerarà que restaran 200 kg/h d' H_3PO_4 com a tal, i la resta estarà en forma d'ions lliures, que passen a formar part de l'aigua.

La pressió i temperatura es consideren les mateixes que quan surt l'aigua del primer equip de filtració, és a dir, 3 bar i 35°C .

Corrent 9



El corrent 9 estarà format pels residus filtrats a l'equip de filtració de control, com a resultat de l'addició d'agents controladors de pH i inhibidors d'escala, representats en aquest procés per l'àcid fosfòric. Per tant:

$\text{Residus (kg/h)} = 248,75 \text{ kg/h} \cdot \text{eficiència } 90\% = 223,875 \text{ kg/h}$ de residus hi ha al corrent 5.

Els valors de pressió i temperatura són els mateixos que els del corrent 8.

Corrent 10

El corrent 10 té la mateixa composició que el corrent 8. La temperatura canvia (25 °C, l'ambient) i també ho fa la pressió, ja que el corrent ha passat per una bomba de baixa pressió, tot i que no tan baixa com en la primera bomba del procés (3 bar). En aquesta ocasió, la pressió augmenta fins als 5 bar, abans d'entrar a l'equip d'ultrafiltració. **[50]**

Corrent 11

El corrent 11 és el que surt com a resultat del procés de la ultrafiltració. En aquest cas, se suposa que tots els residus i sòlids suspesos que hi havia seran filtrats, menyspreant la quantitat que hi pot quedar present. El procés ultrafiltrador no pot eliminar els ions monovalents ni multivalents, però deixa l'aigua neta de residus abans del seu pas per l'equip d'osmosi inversa.

La temperatura de sortida del corrent de l'equip d'ultrafiltració se suposa de 40 °C, i la pressió, de 5 bar.

Corrent 12

El corrent 12 està format pels residus, sòlids en suspensió i més substàncies que han pogut precipitar durant el procés d'addició d'una solució amb clorur (corrent 2) i l'àcid fosfòric (corrent 7), que restaven al corrent 10. És a dir, un total de 24,9 kg/h.

Les condicions de pressió i temperatura són les mateixes que les del corrent 11.

Corrent 13

El corrent 13 té la mateixa composició que el corrent 11, però unes diferents condicions de pressió i temperatura. D'aquesta manera, després de passar per una bomba d'alta pressió prèvia a l'entrada a l'equip d'osmosi inversa, se suposa una pressió de sortida d'aquest corrent 13 de 20 bar (la pressió de sortida és més baixa que per a l'equip d'OI del cas 1, ja que aquest conté aigües salobreses, per les quals l'equip d'osmosi inversa treballa a una pressió significativament inferior). **[50]** La temperatura serà l'ambient, és a dir, 25 °C.



Corrent 14

El corrent 14 és molt proper al de l'aigua producte del procés. És el resultat de la dessalació que ha tingut lloc a l'equip d'osmosi inversa. D'aquesta manera, cal tenir en compte el rebuig a les sals de les membranes d'OI, que són que apareixen seguidament, quedant com al corrent 14 les següents quantitats de sals:

NaCl: 98,95% de rebuig $\rightarrow 385 \text{ kg/h} \cdot 0,0105 = 4,0425 \text{ kg/h}$

CaCO₃ : 99,05% de rebuig $\rightarrow 17,5 \text{ kg/h} \cdot 0,0095 = 0,16625 \text{ kg/h}$

MgSO₄: 99,6% de rebuig $\rightarrow 22,5 \text{ kg/h} \cdot 0,004 = 0,09 \text{ kg/h}$

Cal tenir en compte, a més, l'àcid fosfòric, ja que n'hi ha 300 kg/h en forma d'ions lliures (H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ i PO₄³⁻), que es consideren com a aigua, i que se suposa que precipiten al llarg del procés. D'aquesta manera, aquests ions monovalents i multivalents seran filtrats per l'equip d'OI, quedant el corrent 14 amb 300 kg/h de menys d'aigua, ja que s'havia realitzat aquesta consideració quan s'ha introduït l'H₃PO₄ al sistema.

L'aigua que queda, suposant un rendiment de l'equip d'OI anàleg a l'anterior cas 1, del 80%, el flux d'aigua que resta és:

Aigua (kg/h) = $25087,5 \cdot 0,8 = 20070 \text{ kg/h}$

La pressió de sortida serà la de treball de l'equip d'OI, 20 bar, i una temperatura de 85 °C.

Corrent 15

El corrent 15 és el corresponent a la salmorra o corrent de rebuig del procés dessalador. La seva quantitat de sals és la següent:

NaCl: 98,95% de rebuig $\rightarrow 385 \text{ kg/h} \cdot 0,9895 = 380,9575 \text{ kg/h}$

CaCO₃ : 99,05% de rebuig $\rightarrow 17,5 \text{ kg/h} \cdot 0,9905 = 17,33375 \text{ kg/h}$

MgSO₄: 99,6% de rebuig $\rightarrow 22,5 \text{ kg/h} \cdot 0,996 = 22,41 \text{ kg/h}$

A més, degut a la presència de l'àcid fosfòric, i com s'ha explicat en el cas del corrent 14, els 300 kg/h que hi havia a l'aigua, juntament amb la resta del líquid d'àcid fosfòric, passa a ser residu del procés d'osmosi inversa, ja que durant el procés es considera que gairebé s'ha dissociat i ha reaccionat amb altres substàncies que encara hi havia a l'aigua, formant sals que s'han filtrat de manera definitiva.

Amb un rendiment molt alt de l'equip, del 80%, l'aigua que restarà serà:



$$\text{Aigua (kg/h)} = 25087,5 - 20070 = 5017,5 \text{ kg/h}$$

Les condicions de pressió i temperatura del corrent de la salmorra seran les mateixes que les del corrent 14.

Corrent 16

El corrent 16 està format per l'agent mineralitzant, que farà augmentar lleugerament el contingut salí de l'aigua, a canvi de donar-li les propietats per a ser una aigua apropiada per l'ús humà i també per ser adequada en l'agricultura, ja que les plantes necessiten sals minerals per poder alimentar-se.

La quantitat d'aquest agent, en aquest cas de sílice (SiO_2), serà prou petita, 20 kg/h (un 0,1% aproximat sobre el total). Les condicions de pressió i temperatura seran les ambientals.

Corrent 17

El corrent 17, com s'ha dit tot just abans, veu augmentat lleugerament el seu contingut salí. Una petita part d'aquests 20 kg/s de l'agent mineralitzant (un 10%) quedarà reflectit en un augment petit de la concentració de les sals presents. D'aquesta manera:

$$\text{NaCl: } 4,0425 \text{ kg/h} + 1,22 \text{ kg/h} = 5,2625 \text{ kg/h}$$

$$\text{CaCO}_3 : 0,16625 \text{ kg/h} + 0,3 \text{ kg/h} = 0,46625 \text{ kg/h}$$

$$\text{MgSO}_4: 0,09 \text{ kg/h} + 0,48 \text{ kg/h} = 0,57 \text{ kg/h}$$

La resta d'aquests 20 kg/s roman a l'aigua com a sílice, és a dir, SiO_2 (18 kg/h).

La seva pressió, tenint en compte la posterior bomba per a què quedi a pressió ambient, se suposa una mica inferior al bar, a prop del buit (0,5 bar), condicions en les quals hi serà en aquest tanc d'emmagatzematge durant l'addició de l'agent mineralitzant. La temperatura és l'ambient, 25 °C.

Corrent 18

El corrent 18 té la mateixa composició que el corrent 17, però després d'haver passat per una bomba de baixa pressió, en aquest cas d'1 bar, per assolir la pressió atmosfèrica. La temperatura és de 25 °C. D'aquesta manera, s'obté l'aigua producte del procés.

Per veure el resultat de la salinitat, cal passar els 0,34 kg/h de NaCl a ppm, d'aquesta manera:



$$5,2625 \text{ kg/h NaCl} \cdot \frac{1h}{20094,4 \text{ kgaigua}} \cdot \frac{1 \text{ kgaigua}}{1 \text{ Laigua}} \cdot \frac{10^6 \text{ mgNaCl}}{1 \text{ kgNaCl}} = 261,9 \text{ ppmNaCl}$$

Es fa de la mateixa manera amb la resta de sals presents, per trobar el TDS (total de sòlids dissolts) del corrent producte:

$$0,46625 \text{ kg/h CaCO}_3 \cdot \frac{1h}{20094,4 \text{ kgaigua}} \cdot \frac{1 \text{ kgaigua}}{1 \text{ Laigua}} \cdot \frac{10^6 \text{ mgCaCO}_3}{1 \text{ kgCaCO}_3} = 23,2 \text{ ppmCaCO}_3$$

$$0,57 \text{ kg/h MgSO}_4 \cdot \frac{1h}{20094,4 \text{ kgaigua}} \cdot \frac{1 \text{ kgaigua}}{1 \text{ Laigua}} \cdot \frac{10^6 \text{ mgMgSO}_4}{1 \text{ kgMgSO}_4} = 28,37 \text{ ppmMgSO}_4$$

Per tant, sumant la quantitat de les tres sals: $261,9 + 23,2 + 28,37 = 313,47$ ppm és el valor del total de sòlids dissolts, que determina la salinitat del corrent de l'aigua producte.



G. Càlculs dels costos per als processos dissenyats

Aquest Annex mostra els càlculs més importants que s'han realitzat per poder trobar els pressupostos de cadascun dels processos avaluats econòmicament al capítol 9 de la Memòria. [12]

G.1. Càlcul del punt 9.1.

En aquest Annex es realitzen els càlculs i les operacions que donen lloc als costos d'inversió i explotació indicats al punt 9.1. de la Memòria. [12]

G.1.1. Càlcul del punt 9.1.1.

Els costos d'inversió dels diferents equips que figuren al punt 9.1.1. de la Memòria s'han trobat de la manera següent:

A. Bomba de baixa pressió

Per trobar el cost de la bomba, caldrà primer de tot saber la potència que necessitarà per comprimir un corrent que li arriba determinat. Suposant la densitat de l'aigua al corrent, en aquest cas:

$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)} =$$

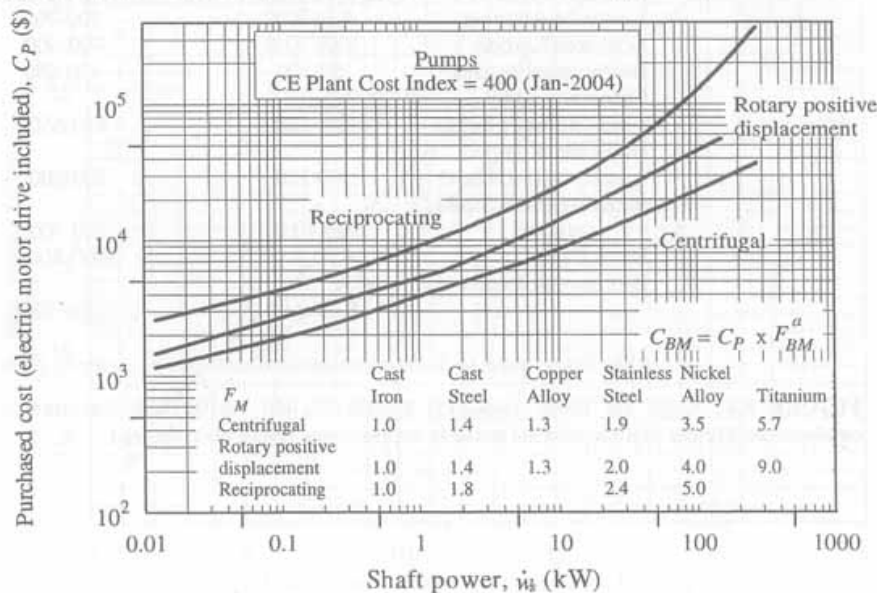
$$= 1630 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot (4 - 1)\text{bar} \cdot \frac{10^5 \text{Pa}}{1\text{bar}} = 135,8 \text{kW}$$

Suposant una eficiència del 50%, la potència que li cal a la bomba és de 271,7 kW.

Fent servir el gràfic de cost de les bombes, s'agafa com a suposició de cost una bomba centrífuga:



FIGURE 5.49 Purchased equipment costs for pumps. Shaft power $\dot{w}_s = \dot{q}\Delta p/\epsilon_i$. For unusual service and low capacities, use efficiencies near the lower extremes of ranges given in Table 4.20. Within the sensitivity allowed by a predesign cost estimate, this will compensate for higher priced pumps employed in severe service. Prices are complete with electric motor drives. To substitute other drives, use data in Figures 5.20 and 5.21. For values of F_{BM} , see Figure 5.51.



$$C_p = 70000 \$$$

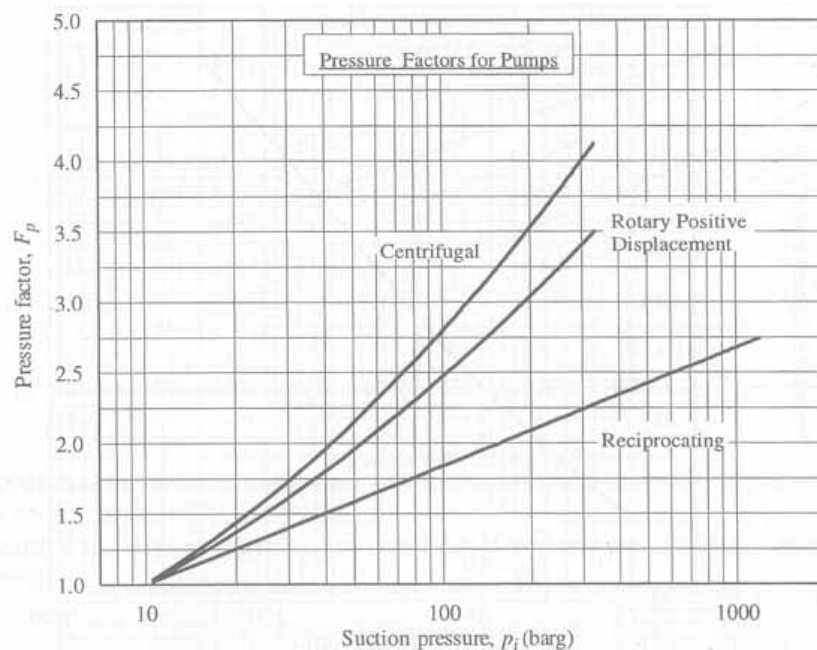
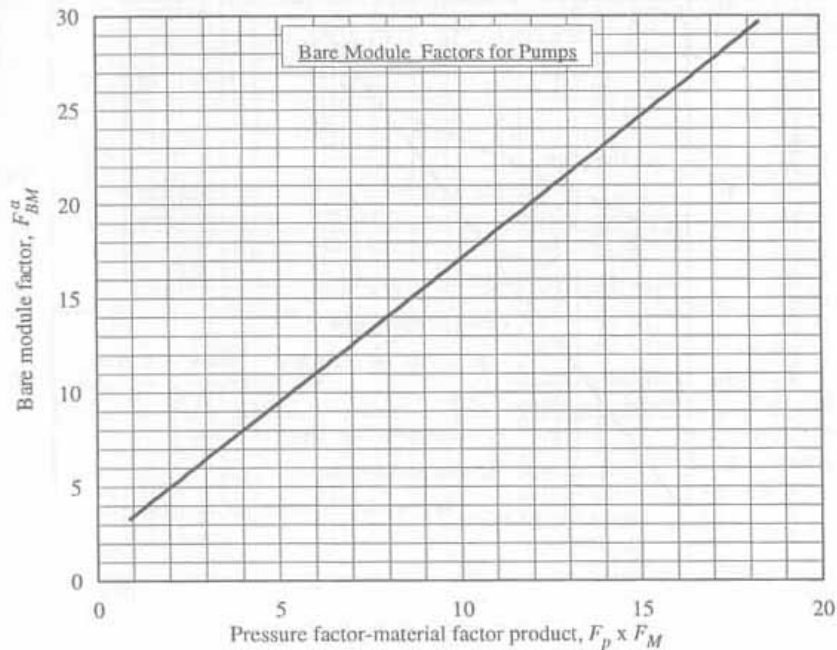


FIGURE 5.50 Pump pressure factor (ratio of purchase price of high pressure pump to that of one designed for 10 barg).

$$P = 4 \text{ bar} \rightarrow \text{Factor de pressió } (F_P) = 1,0$$



FIGURE 5.51 Bare module factors as a function of materials and pressure factors for pumps.



Factor de material (F_M) = 1,9 (suposant acer inoxidable com a material de construcció)

$$F_P \cdot F_M = 1,0 \cdot 1,9 = 1,9 \rightarrow F_{BM}^a = 4,9$$

Per tant, la despesa total serà la següent:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM}^a = 70000 \$ \cdot 4,9 = 343000 \$$$

Es passa el cost de la bomba a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost bomba A (€)} = 343000 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193 \$} = 241668,43€$$

B. Equip de microfiltració

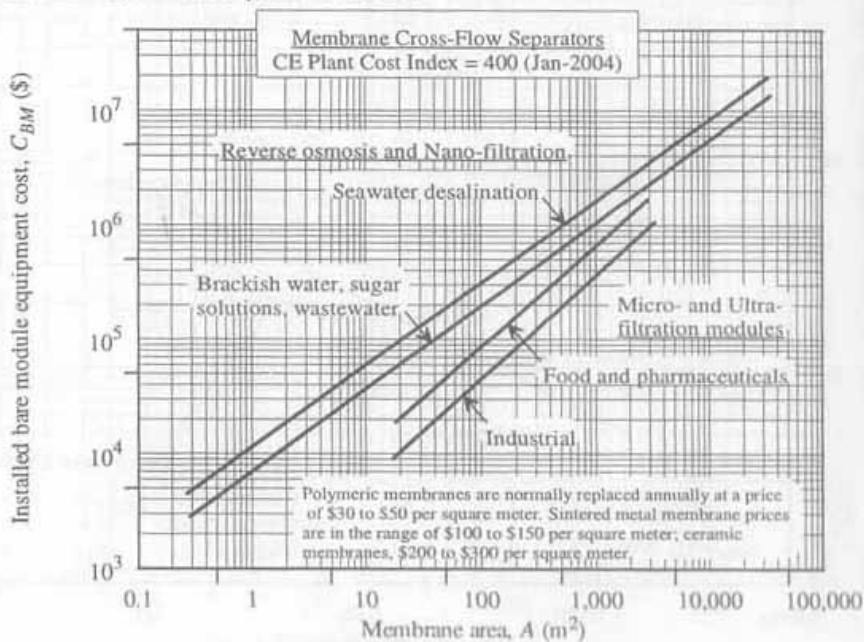
Els costos d'aquest equip són relativament baixos, inferiors als de l'OI, NF i UF, degut a la seva inferior qualitat de filtració. Se suposa una àrea de membrana dels diferents filtres de la microfiltració, partint del flux que hi arriba (uns 1630 m³/h, suposant densitat de l'aigua al corrent, és a dir, 0,4528 m³/s). El flux per metre quadrat (mL·s⁻¹·m⁻²) per a la microfiltració amb finalitats de tractament d'aigua oscil·la entre 50 i 90. S'agafa un valor de relació aproximada de 80 mL·s⁻¹·m⁻². D'aquesta manera:



$$80 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = \frac{452800 \text{ mL} / \text{s}}{A} \Leftrightarrow A = 5660 \text{ m}^2$$

Amb aquesta dada, es pot trobar el cost C_{BM} de l'equip de forma gràfica, fent ús de la recta que indica "industrial", tenint en compte que aquesta serà una fase de pre-tractament del procés, i la qualitat d'aigua requerida no és tan gran com en processos farmacèutics o d'alimentació (l'altra opció de la gràfica).

FIGURE 5.57a Installed bare module costs for membrane cross-flow separator packages. Units contain spiral-wound or hollow-fiber/capillary-tube polymer-based membrane elements, whichever is best for a given application. Membranes, pumps, cleaning systems, piping, instruments, and control panel are included.



$$C_{BM} = 850000 \$$$

Es passa el cost de l'equip de microfiltració a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost equip microfiltració B (€)} = 850000 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193 \$} = 598886,77€$$

C. Bomba d'alta pressió

Anàlogament al cas de la bomba d'alta pressió A, s'opera amb el mateix procediment. Per tant, primer de tot cal saber la potència que necessitarà per comprimir un corrent que li arriba determinat. Suposant la densitat de l'aigua al corrent, en aquest cas:



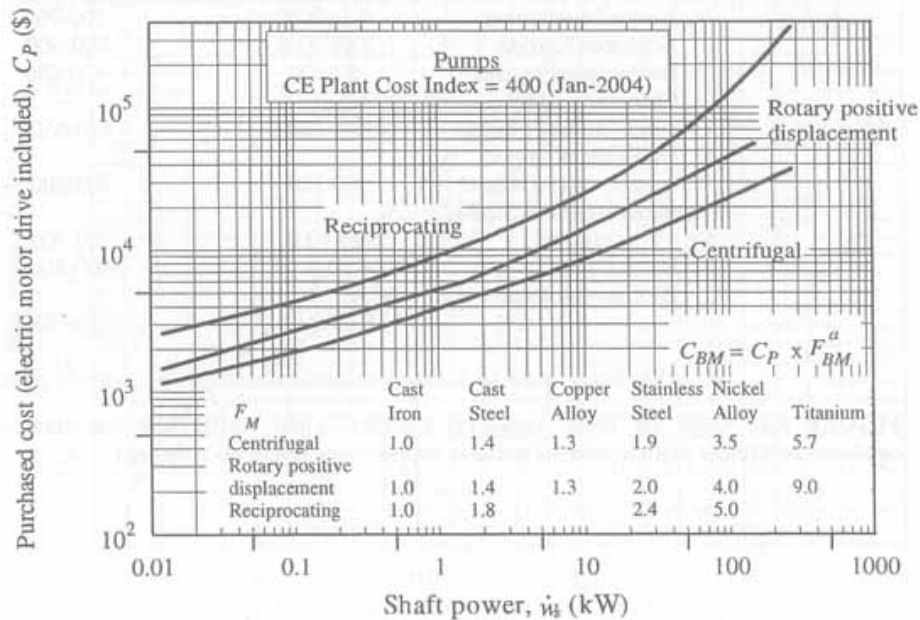
$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)} =$$

$$= 1536 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot (10 - 4)\text{bar} \cdot \frac{10^5 \text{ Pa}}{1\text{bar}} = 256 \text{ kW}$$

Suposant una eficiència del 50%, la potència que li cal a la bomba és de 512 kW.

Fent servir el gràfic de cost de les bombes, s'agafa com a suposició de cost una bomba centrífuga, i perllongant la corba:

FIGURE 5.49 Purchased equipment costs for pumps. Shaft power $\dot{w}_s = \dot{q}\Delta p/\epsilon_s$. For unusual service and low capacities, use efficiencies near the lower extremes of ranges given in Table 4.20. Within the sensitivity allowed by a predesign cost estimate, this will compensate for higher priced pumps employed in severe service. Prices are complete with electric motor drives. To substitute other drives, use data in Figures 5.20 and 5.21. For values of F_{BM}^a see Figure 5.51.



$$C_p = 73000 \$$$



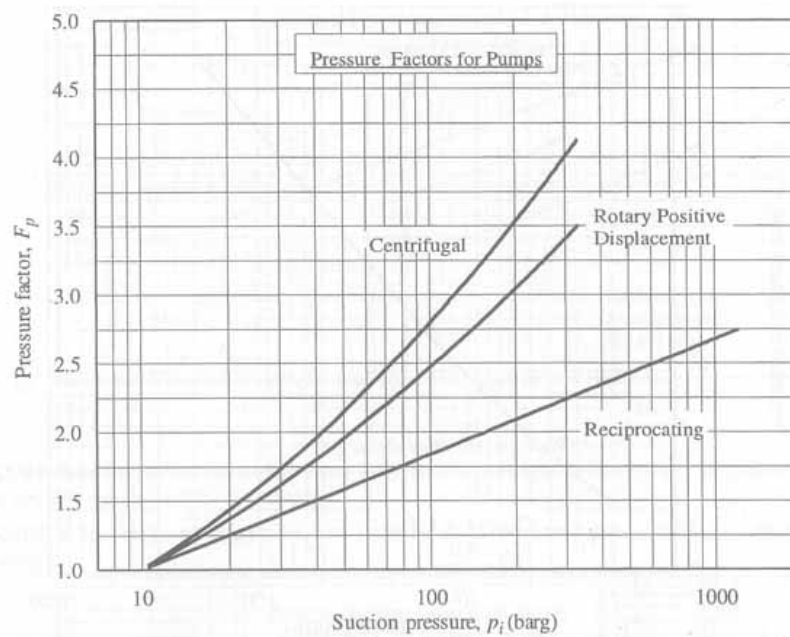
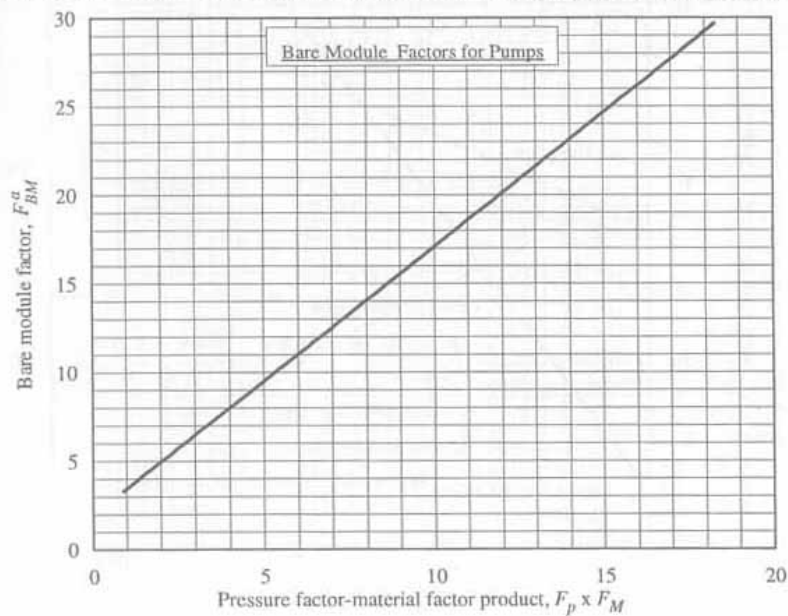


FIGURE 5.50 Pump pressure factor (ratio of purchase price of high pressure pump to that of one designed for 10 barg).

$P = 10 \text{ bar} \rightarrow \text{Factor de pressió } (F_P) = 1,0$

FIGURE 5.51 Bare module factors as a function of materials and pressure factors for pumps.



Factor de material (F_M) = 1,9 (suposant acer inoxidable com a material de construcció)

$$F_P \cdot F_M = 1,0 \cdot 1,9 = 1,9 \rightarrow F_{BM}^a = 4,9$$



Per tant, la despesa total serà la següent:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM}^a = 73000 \$ \cdot 4,9 = 357700 \$$$

Es passa el cost de la bomba a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

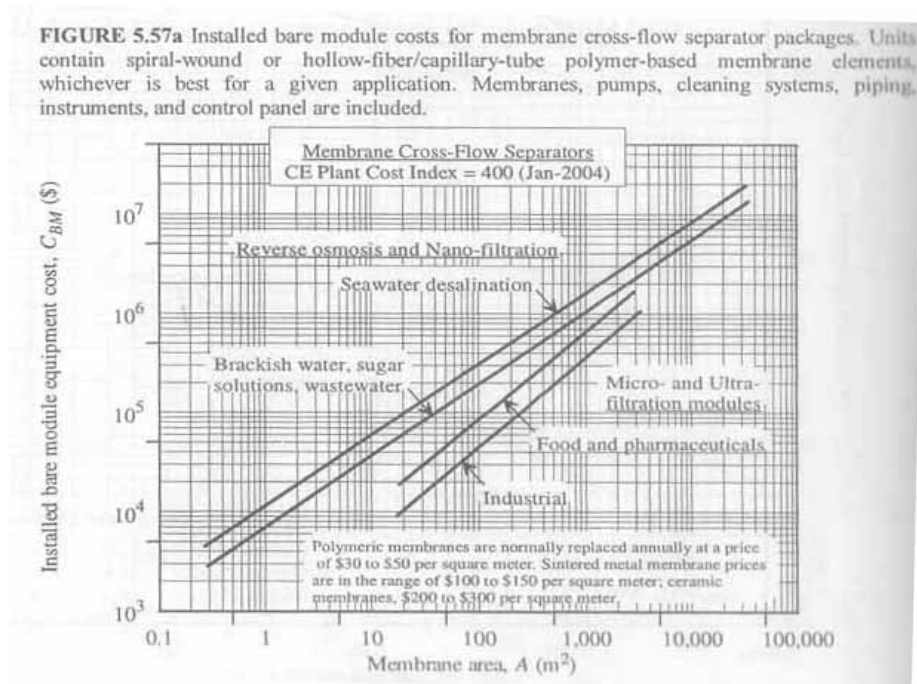
$$\text{Cost bomba } C (\text{€}) = 357700 \$ \cdot \frac{1\text{€}}{1,4193 \$} = 252025,65\text{€}$$

D. Equip de nanofiltració

El cost de l'equip de nanofiltració és superior al relatiu a la microfiltració, i també a l'ultrafiltració. Només és inferior a l'equip d'osmosi inversa. Per aconseguir obtenir els costos d'aquest equip, se segueix el mateix procediment que amb l'equip de microfiltració B. D'aquesta manera, se suposa una àrea de membrana de les diferents membranes de la nanofiltració, partint del flux que hi arriba (uns 1536 m³/h, suposant densitat de l'aigua al corrent, és a dir, 0,4267 m³/s). El flux per metre quadrat (mL·s⁻¹·m⁻²) per a la nanofiltració amb finalitats de tractament d'aigua oscil·la entre 10 i 50. S'agafa un valor de relació aproximada, degut al gran flux que circula per la planta, de 50 mL·s⁻¹·m⁻². D'aquesta manera:

$$50 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = \frac{426700 \text{ mL} / \text{s}}{A} \Leftrightarrow A = 8534 \text{ m}^2$$

Amb aquesta dada, es pot trobar el cost C_{BM} de l'equip de forma gràfica, fent ús de la recta que indica "dessalació de l'aigua del mar".



$$C_{BM} = 8600000 \$$$

Es passa el cost de l'equip de microfiltració a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:



$$\text{Cost equip nanofiltració D (€)} = 8600000\$ \cdot \frac{1\text{€}}{1,4193\$} = 6059325,02\text{€}$$

E. Bomba d'alta pressió

Anàlogament al cas de les bombes d'alta pressió A i C, s'opera amb el mateix procediment. Tornant a suposar la densitat de l'aigua al corrent, en aquest cas:

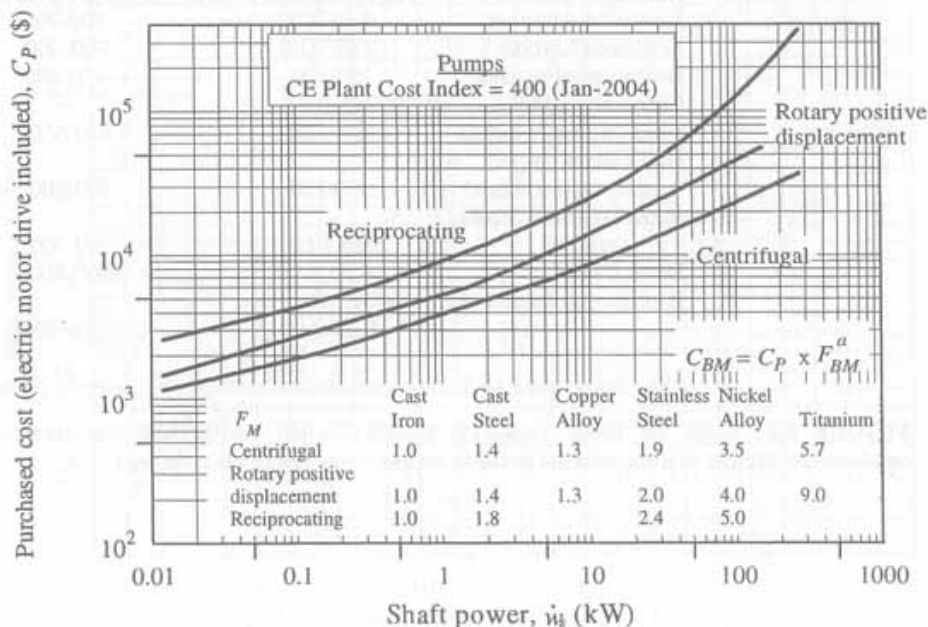
$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)} =$$

$$= 1342 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot (69 - 10)\text{bar} \cdot \frac{10^5 \text{Pa}}{1\text{bar}} = 2199,4\text{kW}$$

Suposant una eficiència del 50%, la potència que li cal a la bomba és de 4398,8 kW.

Fent servir el gràfic de cost de les bombes, s'agafa com a suposició de cost una bomba centrífuga, perllongant la corba:

FIGURE 5.49 Purchased equipment costs for pumps. Shaft power $\dot{w}_s = \dot{q}\Delta p/\epsilon_t$. For unusual service and low capacities, use efficiencies near the lower extremes of ranges given in Table 4.20. Within the sensitivity allowed by a predesign cost estimate, this will compensate for higher priced pumps employed in severe service. Prices are complete with electric motor drives. To substitute other drives, use data in Figures 5.20 and 5.21. For values of F_{BM}^a see Figure 5.51.



$$C_p = 150000 \$$$



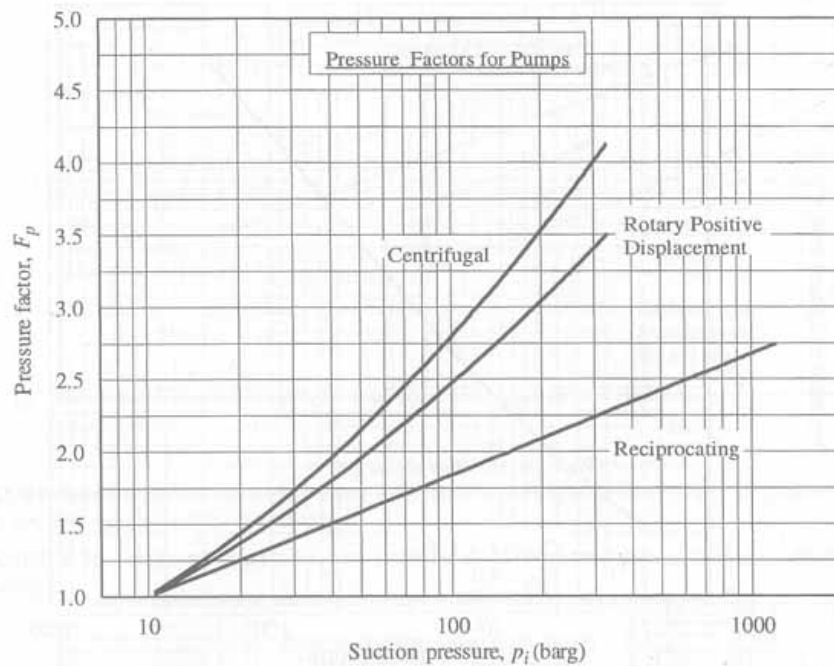
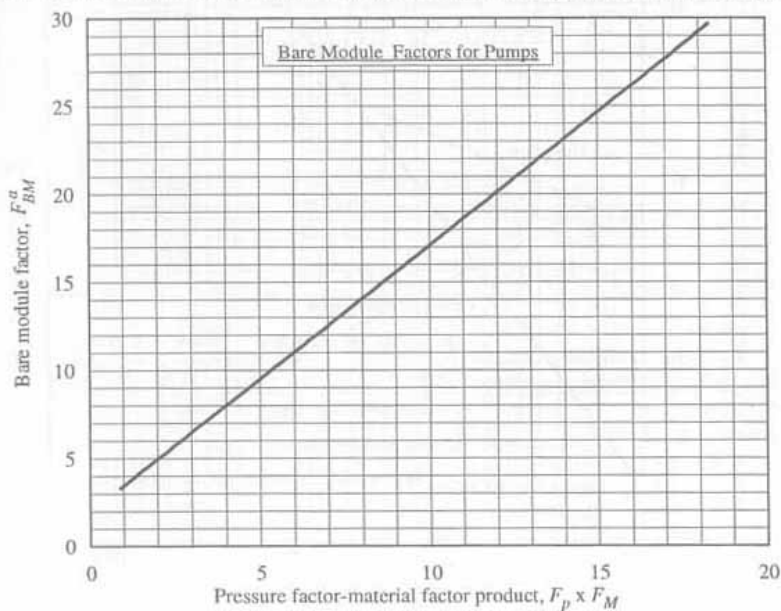


FIGURE 5.50 Pump pressure factor (ratio of purchase price of high pressure pump to that of one designed for 10 barg).

$P = 69 \text{ bar} \rightarrow \text{Factor de pressió } (F_p) = 2,45$

FIGURE 5.51 Bare module factors as a function of materials and pressure factors for pumps.



Factor de material (F_M) = 1,9 (suposant acer inoxidable com a material de construcció)



$$F_P \cdot F_M = 2,45 \cdot 1,9 = 4,655 \rightarrow F_{BM}^a = 9$$

Per tant, la despesa total serà la següent:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM}^a = 150000 \$ \cdot 9 = 1350000 \$$$

Es passa el cost de la bomba a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost bomba E (€)} = 1350000 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 951173,11€$$

F. Equip d'osmosi inversa

Es calcula el preu de les membranes d'osmosi inversa, a partir de la dada del seu cost mitjà: 500 € per unitat, a partir de la referència del cost que va suposar aquest element en el cas de la dessaladora de la Tordera. **[62]**

Es consideren 4 bastidors i 630 membranes per bastidor, agafant com a referència també les dades de la dessaladora de la Tordera. Per tant, el nombre total de membranes a l'equip d'OI serà de 5620. D'aquesta manera, el cost serà el següent: **[33]**

$$C \text{ inversió membranes equip OI} = 5620 \text{ unitats} \cdot 500 \text{ €/unitat} = 2810000 \text{ €}$$

El cost d'inversió de les membranes és necessari per trobar altres costos indirectes, més endavant.

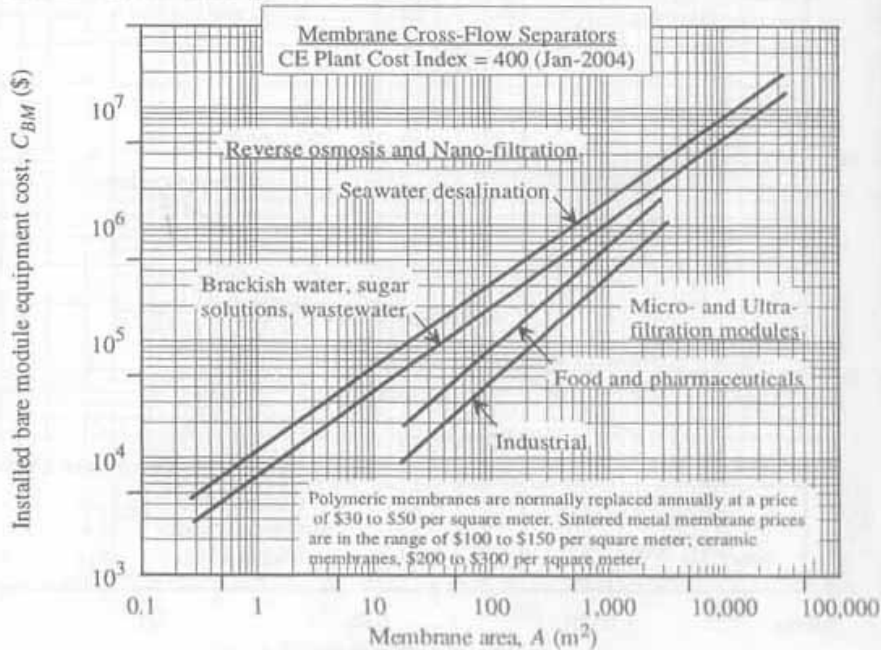
Per cercar el cost total d'inversió de l'equip, se suposa una àrea de membrana dels diferents filtres de l'OI, partint del flux que hi arriba (uns 1342 m³/h, suposant densitat de l'aigua al corrent, és a dir, 0,3728 m³/s). El flux per metre quadrat (mL·s⁻¹·m⁻²) per a la l'osmosi inversa amb finalitats de dessalació d'aigua marina oscil·la entre 5 i 15. S'agafa un valor de relació aproximada, degut a la gran quantitat de flux que circula per la planta, de 15 mL·s⁻¹·m⁻². D'aquesta manera:

$$15 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = \frac{372800 \text{ mL} / \text{s}}{A} \Leftrightarrow A = 24852 \text{ m}^2$$

Amb aquesta dada, es pot trobar el cost C_{BM} de l'equip de forma gràfica, fent ús de la recta que indica la dessalació del mar ("seawater desalination").



FIGURE 5.57a Installed bare module costs for membrane cross-flow separator packages. Units contain spiral-wound or hollow-fiber/capillary-tube polymer-based membrane elements, whichever is best for a given application. Membranes, pumps, cleaning systems, piping, instruments, and control panel are included.



$$C_{BM} = 10500000 \$$$

Es passa el cost de l'equip d'OI a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost equip osmosi inversa F (€)} = 10500000 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 7398013,11€$$

G. Vàlvula

Per trobar el cost de la vàlvula, caldrà primer de tot saber la potència que necessitarà per expandir un corrent que li arriba determinat. Suposant la densitat de l'aigua al corrent, en aquest cas:

$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)} =$$

$$= 194,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot (10 - 1)\text{bar} \cdot \frac{10^5 \text{Pa}}{1\text{bar}} = 48,5 \text{kW}$$

Considerant una eficiència del 50%, la potència de què haurà de disposar és, en concret, de 97 kW.



La vàlvula s'equipara a un instrument que expandeix el líquid que li arriba ("liquid expensor"), de cara a determinar-ne el cost gràficament.

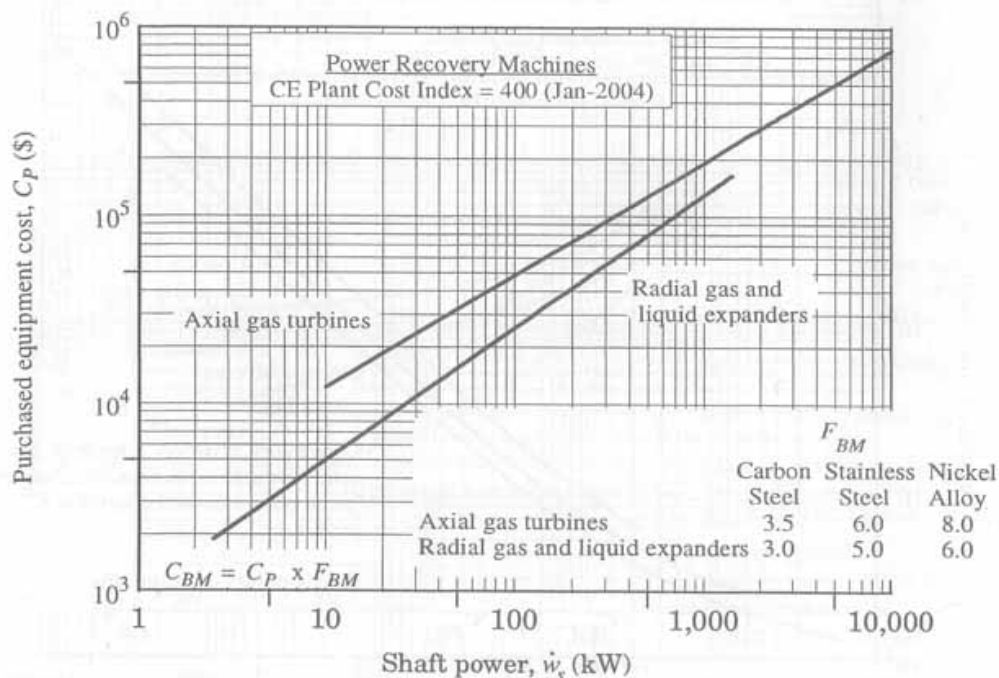


FIGURE 5.22 Purchased equipment costs for power recovery machines.

$$C_P = 66000 \$$$

Factor de material (F_{BM}) = 5,0 (suposant acer inoxidable com a material de construcció)

Per tant, la despesa total serà la següent:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM} = 66000 \cdot 5 = 330000 \$$$

Es passa el cost de la vàlvula a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost vàlvula G (€)} = 330000 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193 \$} = 232508,98€$$

H. Vàlvula

Per trobar el cost de la vàlvula H, es repeteix el mateix procediment que per a la vàlvula G. És a dir, primer de tot cal conèixer la potència que necessitarà per expandir un corrent que li arriba determinat. Suposant la densitat de l'aigua al corrent, en aquest cas:

$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)} =$$



$$= 296 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot (69 - 1)bar \cdot \frac{10^5 Pa}{1bar} = 557,1kW$$

Considerant una eficiència de la vàlvula, en aquest cas, del 75%, la potència de què haurà de disposar és, en concret, de 742,8 kW.

La vàlvula s'equipara a un instrument que expandeix el líquid que li arriba ("liquid expensor"), de cara a determinar-ne el cost gràficament.

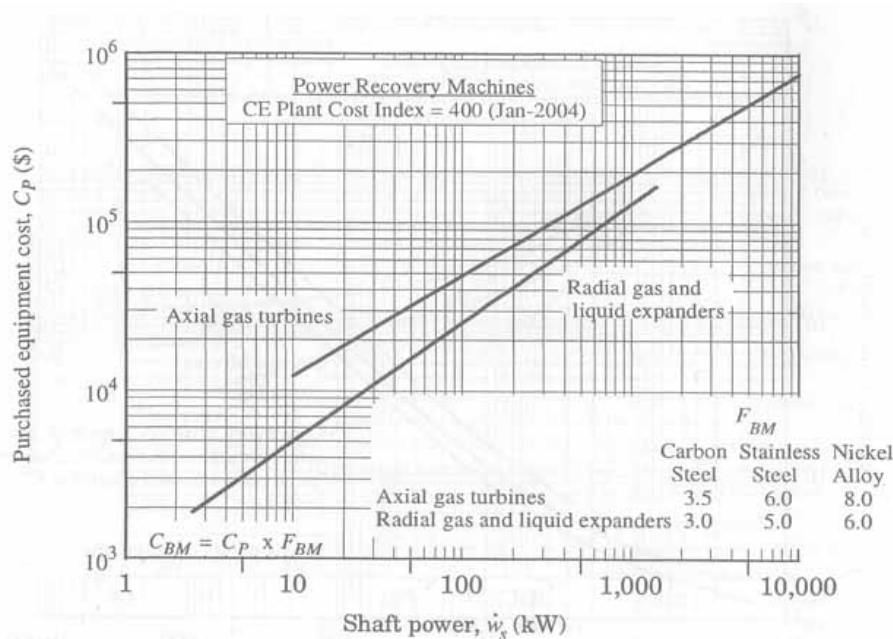


FIGURE 5.22 Purchased equipment costs for power recovery machines.

$$C_p = 95000 \$$$

Factor de material (F_{BM}) = 5,0 (suposant acer inoxidable com a material de construcció)

Per tant, la despesa total serà la següent:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM}^a = 95000 \cdot 5 = 475000 \$$$

Es passa el cost de la vàlvula a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost vàlvula H (€)} = 475000\$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 334672,02€$$

I. Cristal·litzador per membrana



El cristal·litzador per membrana és un aparell d'ús molt recent. De cara a avaluar els costos d'aquest element, es considera la funció d'aquest cristal·litzador, que realitza l'escalfament a 800 °C de temperatura de les sals que provenen del precipitador. Per tant, es considera un forn de grandària industrial, per obtenir els costos, que s'equipararan als del cristal·litzador. Se suposa densitat de l'aigua al corrent.

El volum del cristal·litzador té relació amb el temps de residència de l'element, és a dir, quant de temps transcorre durant el procés d'obtenció de les sals. Suposant un temps de residència aproximat de 45 minuts, degut al gran flux que cal tractar, el volum de l'equip serà el següent:

$$V = 1095,6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (45/60) \text{ h} = 821,7 \text{ m}^3 \text{ és el volum suposat del cristal·litzador.}$$

Aquest volum es multiplica per un factor de seguretat, per tal que no estigui del tot ple en cap cas, i sempre hi hagi un espai sense omplir per evitar vessaments. Suposant un 30% més de volum del recipient:

$$V = 821,7 \text{ m}^3 \cdot 1,3 = 1068,2 \text{ m}^3 \text{ és el volum amb el factor de seguretat inclòs.}$$

Amb aquesta dada, i temperatura $T = 800 \text{ }^\circ\text{C}$, s'entra a la gràfica per assolir els costos:

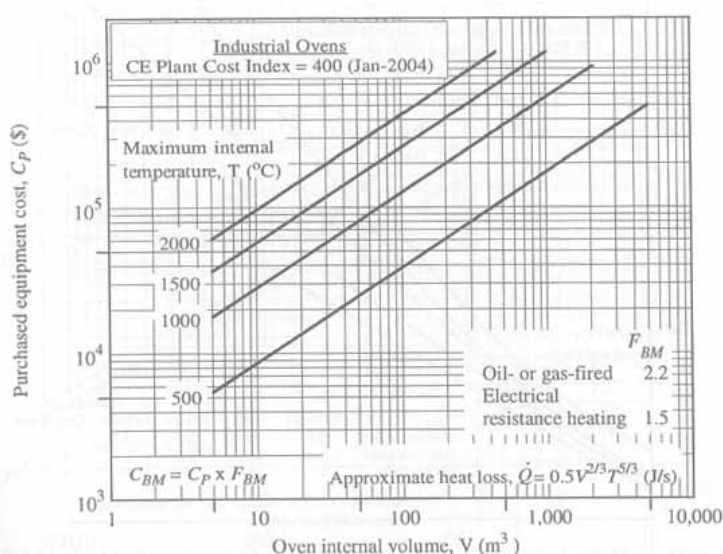


FIGURE 5.28 Purchase costs of industrial ovens. The heat loss expression is approximate for use in preliminary evaluation only (V is internal volume [m^3] and T is internal temperature [$^\circ\text{C}$]). As indicated in Table 4.8, heat loss plus heat absorbed by the process represents about 70 percent of the lower heating value (LHV) of the fuel for oil or gas firing and 100 percent of the power to an electric oven.

$$C_p = 850000 \text{ \$}$$

El factor de material serà $F_{BM} = 1,5$ (resistència elèctrica suposada)



$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM} = 850000 \$ \cdot 1,5 = 1275000 \$$$

Es passa el cost del cristal·litzador per membrana a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost cristal·litzador I (€)} = 1275000 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193 \$} = 898330,16€$$

J. Intercanviador de calor

Per calcular els costos de l'intercanviador de calor, primer es tria el tipus d'intercanviador que es fa servir, segons el tipus de fluid que hi entra. Com que hi haurà corrents amb sals, s'escull un tipus de carcassa tubular ("shell-and-tube"). Se suposa un increment de temperatura per al corrent de vapor que escalfa l'aigua igual al del corrent 19, és a dir, $\Delta T_m = 95 - 30 = 65 \text{ K}$ és la diferència tèrmica per ambdós corrents.

Així mateix, s'ha de quantificar el coeficient de transferència de calor U . En aquest cas, essent tots dos corrents aigua (una d'elles amb sals), el coeficient se situa entre 100 i 1200. S'agafa un valor mig. D'aquesta manera, $U = 1100 \text{ J/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}$.

La densitat del corrent 18 serà proporcional entre la quantitat d'aigua i la de sals de magnesi presents. La densitat, per exemple, de l'hidròxid de magnesi és de 2400 kg/m^3 , i tenint en compte que són predominants al corrent en una proporció de 60/40, la densitat suposada aproximada serà de 1840 kg/m^3 . Per tant, el flux serà de:

$$Q = 49600 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1840 \text{ kg}} \cdot 1 \text{ bar} \cdot \frac{10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} = 2695652,17 \frac{\text{J}}{\text{h}}$$

Amb totes aquestes dades, es pot trobar l'àrea de transferència de l'intercanviador:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_m} = \frac{2695652,17 \frac{\text{J}}{\text{h}}}{1100 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}} \cdot 65 \text{ K}} = 37,7 \text{ m}^2$$

Finalment, amb aquest valor de l'àrea, es pot entrar a la gràfica per determinar-ne els costos, agafant el tipus de fregament a les parets (scraped-wall):



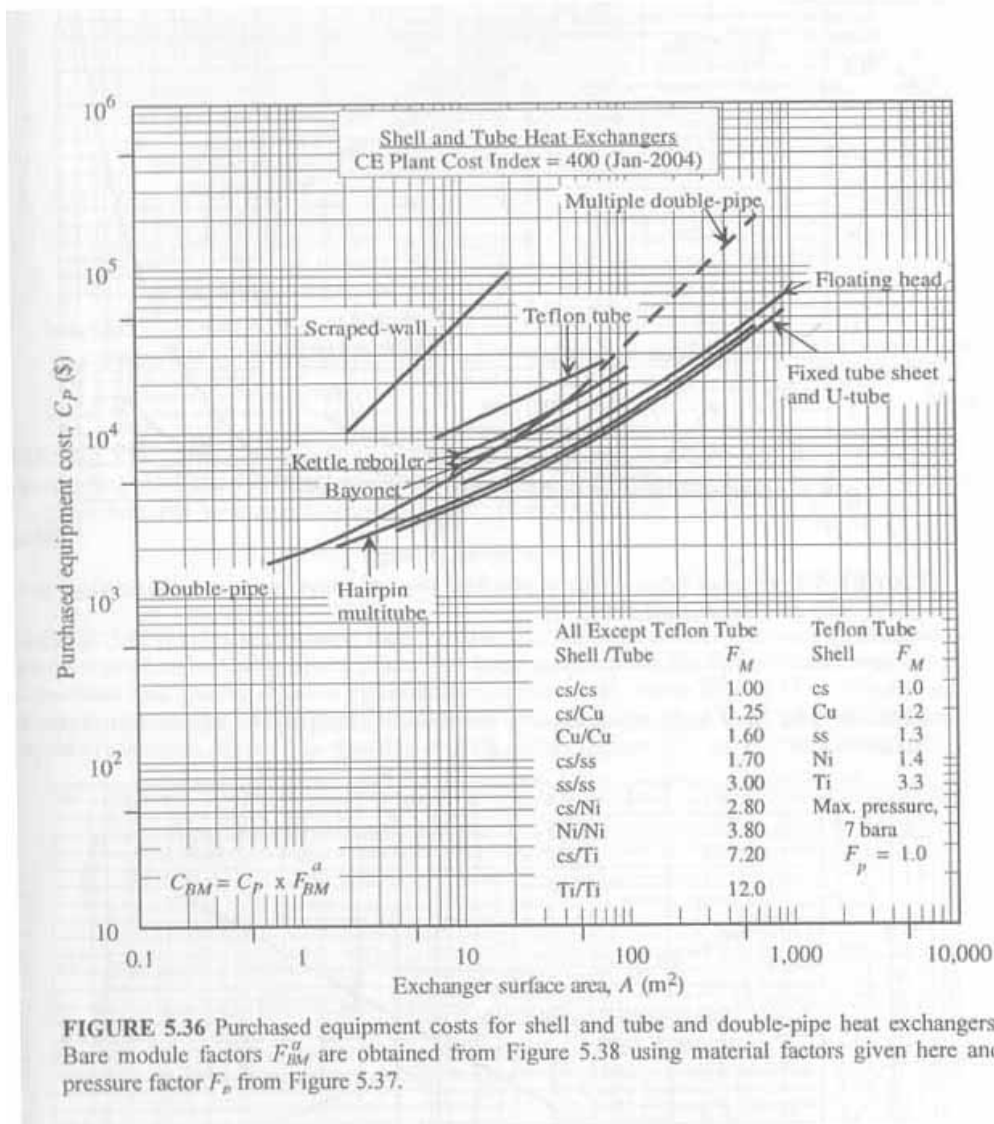


FIGURE 5.36 Purchased equipment costs for shell and tube and double-pipe heat exchangers. Bare module factors F_{BM}^a are obtained from Figure 5.38 using material factors given here and pressure factor F_p from Figure 5.37.

$$C_p = 95000 \$$$

Suposant carcassa i tubs fets de coure, el factor de material és $F_M = 1,6$. El factor de pressió és $F_P = 1$, ja que la pressió considerada a l'intercanviador és l'atmosfèrica. Per tant:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM}^a = C_P \cdot F_M \cdot F_P = 95000 \$ \cdot 1,6 \cdot 1 = 152000 \$$$

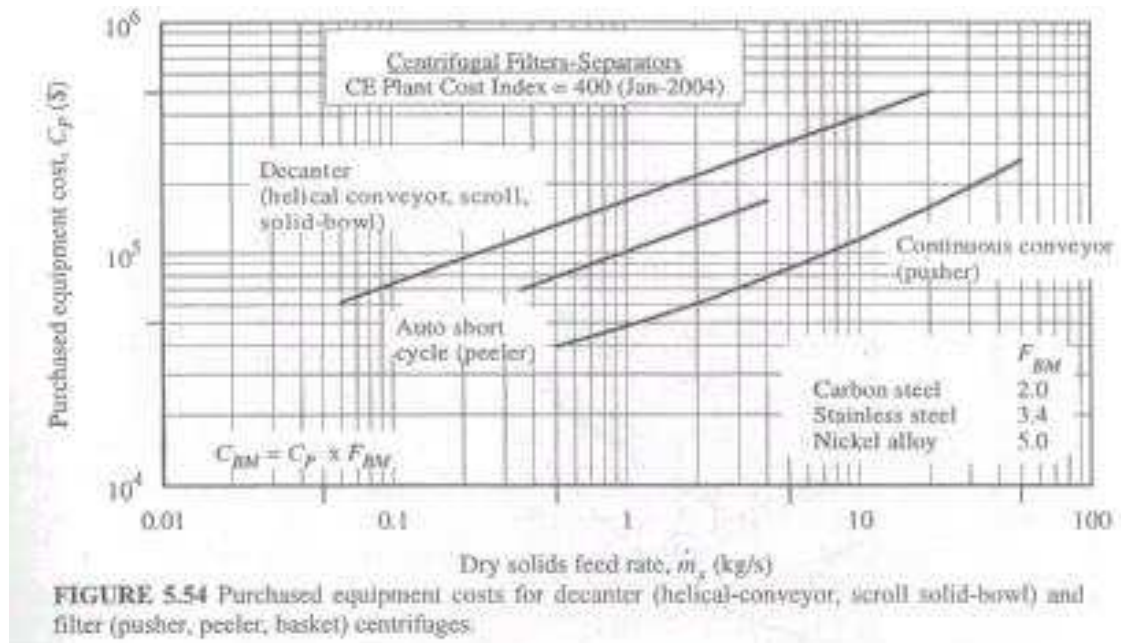
Es passa el cost de l'intercanviador de calor a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost intercanviador J (€)} = 152000 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193 \$} = 107095,05€$$



K. Precipitador

Cal tenir en compte que el material de construcció és l'acer inoxidable. Per cercar el cost d'aquest aparell, la següent figura indica el cost (C_p) en funció del flux de sòlids al precipitador. Com que el flux de sòlids que s'hi obté és de 29800 kg/h, és a dir, 8,28 kg/s per entrar al gràfic, on la línia vàlida és la que fa referència al decantador, l'aparell que es pot equiparar pel que fa les funcions que realitza en aquest cas amb el precipitador, és a dir, separar les sals sòlides del líquid.



Mirant el gràfic, s'obté un cost $C_p = 780000$ \$ aproximadament. Per tenir el cost total, cal multiplicar C_p pel factor de material F_{BM} , que en aquest cas, per a l'acer inoxidable, val $F_{BM} = 3,4$.

Per tant: $C_{BM} = C_P \cdot F_{BM} = 780000 \$ \cdot 3,4 = 2652000 \$$

El cost del precipitador és, en euros, tenint en compte el canvi a data 17/10/2007, el següent:

$$\text{Cost precipitador K (€)} = 2652000\$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 1868526,74€$$

Al següent quadre hi ha els costos detallats de cada aparell, amb el seu pes en la inversió total:



Equip	Cost (€)	% sobre el cost total
A. Bomba de baixa pressió	241668,43	1,28
B. Equip de microfiltració	598886,77	3,16
C. Bomba d'alta pressió	252025,65	1,33
D. Equip de nanofiltració	6059325,02	31,99
E. Bomba d'alta pressió	951173,11	5,02
F. Equip d'osmosi inversa	7398013,11	39,06
G. Vàlvula	232508,98	1,23
H. Vàlvula	334672,02	1,77
I. Cristal·litzador per membrana	898330,16	4,74
J. Intercanviador de calor	107095,05	0,57
K. Precipitador	1868526,74	9,86
TOTAL INVERSIÓ D'EQUIPS	18942225,04	100

En aquesta taula s'ha pogut veure el cost total de la inversió que cal realitzar.

G.1.2. Càlcul del punt 9.1.2.

Tot seguit, hi ha detallats els càlculs realitzats per als costos d'explotació recollits al punt 9.1.2. de la Memòria: **[49]**

Factor d'amortització

$$a = \frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

on i és la taxa d'interès, suposada d'un 5%, i n és el temps de vida útil de la planta, que se suposa de 30 anys. D'aquesta manera:



$a = \frac{0,05 \cdot (1 + 0,05)^{30}}{(1 + 0,05)^{30} - 1} = 0,065$ és el valor d'aquest factor d'amortització, amb aquestes suposicions realitzades.

Costos fixos anuals

$$C \text{ fixos} = a \cdot CD = 0,065 \cdot 18942225,04 \text{ €} = 1231244,63 \text{ €}$$

on CD són els costos d'inversió directes (CD = 18942225,04 €)

Aquesta partida s'inclou dins les despeses generals.

Costos d'inversió indirectes

$$C \text{ indirectes} = 0,1 \cdot CD = 0,1 \cdot 18942225,04 \text{ €} = 1894222,50 \text{ €}$$

Cost anual de l'energia elèctrica

$$C \text{ elèctric} = c \cdot w \cdot f \cdot m \cdot 365 =$$

on c és el valor del cost elèctric, fixat en $c = 0,048 \text{ €/kWh}$, agafant un valor intermig de l'interval de la figura 8.6.

w és el consum específic d'energia elèctrica (en aquest cas, s'estima que serà d'uns $3,5 \text{ kWh/m}^3$)

f és el factor de disponibilitat de la planta, fixat en $f = 0,9$

m és la capacitat de la planta, en m^3/dia , i segons els càlculs realitzats a l'apartat 7.1.3. i a l'annex corresponent, $m = 25536 \text{ m}^3/\text{dia}$

Amb aquestes suposicions i previsions realitzades, es troba el valor del cost anual de l'energia elèctrica:

$$\begin{aligned} C \text{ elèctric} &= c \cdot w \cdot f \cdot m \cdot 365 = 0,048 \text{ €/kWh} \cdot 3,5 \text{ kWh/m}^3 \cdot 0,9 \cdot 25536 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 365 = \\ &= 1409280,77 \text{ €} \text{ és el cost anual de l'energia elèctrica.} \end{aligned}$$

Cost anual del vapor

$$C \text{ vapor} = s \cdot G \cdot f \cdot 365$$

on s és el cost del vapor d'escalfament, xifrat en $s = 0,0019 \text{ \$/lb}$, relativament baix degut a què no és un vapor a alta pressió, fet que fa disminuir el cost



G és el flux màssic de vapor, en kg/h, que hi haurà a l'intercanviador

f és la disponibilitat de la planta, xifrada en 0,9.

Es canvien les unitats de s al SI i també a l'euro, tenint en compte el canvi de la divisa a data 17/10/2007:

$$s = 0,0019 \frac{\$}{lb} \cdot \frac{1lb}{0,45359237kg} \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 0,00295€ / kg$$

La quantitat màssica de vapor (G) és de 49600 kg/h, considerant-la del mateix flux que la corresponent al corrent 18.

El cost anual de vapor és el següent:

$C_{\text{vapor}} = s \cdot G \cdot f \cdot 365 = 0,00295 \text{ €/kg} \cdot 49600 \text{ kg/h} \cdot 0,9 \cdot 24 \text{ h/dia} \cdot 365 = 1154096,04 \text{ €}$ és el cost anual del vapor.

Cost anual dels reactius químics

$$C_{\text{químics}} = k \cdot f \cdot m \cdot 365 =$$

on k és el cost específic dels reactius químics, valorat en $k = 0,018 \text{ \$/m}^3 = 0,01268 \text{ €/m}^3$ (canvi de divisa a data 17/10/2007). S'agafa, per tant, el límit inferior del cost dedicat als productes i additius químics que s'assenyala al punt 8.2.2. de la Memòria per a l'OI amb aigua marina, ja que en aquest cas aquests reactius no intervenen gaire al procés. En aquest cas, només l'amoníac es fa servir com a reactiu químic, en aquest cas com a agent precipitador.

f i m són paràmetres coneguts, disponibilitat i capacitat de la planta, respectivament

Per tant:

$C_{\text{químics}} = k \cdot f \cdot m \cdot 365 = 0,01268 \text{ €/m}^3 \cdot 0,9 \cdot 25536 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 365 = 106386,51 \text{ €}$ és el cost dels reactius químics anual.

Cost de captació de l'aigua

$C_{\text{captació aigua}} = 0,14 \cdot CD = 0,14 \cdot 18942225,04 \text{ €} = 2651911,51 \text{ €}$ és el cost relatiu a la captació d'aigua.



El percentatge del 14% sobre el cost total d'inversió es realitza a partir de les dades de la figura 8.2. de la Memòria.

Cost d'edificació i urbanització

C edificació = $0,1 \cdot CD = 0,1 \cdot 18942225,04 \text{ €} = 1894222,50 \text{ €}$ és el cost relatiu a l'edificació i la urbanització.

Cost anual del personal d'operació

$$C_{\text{personal}} = \gamma \cdot f \cdot m \cdot 365 =$$

on γ és el cost del personal d'operació, xifrat en $\gamma = 0,03 \text{ \$/m}^3 = 0,02114 \text{ €/m}^3$ (canvi de divisa a data 17/10/2007). En aquest cas, el cost és més petit que el previst dins l'interval corresponent al personal d'operació i manteniment de l'apartat 8.2.2. de la Memòria, que és, per al cas de l'OI amb aigua marina, entre 0,048 i 0,102 €/m³. Això és degut a la gran variabilitat que hi ha entre les diferents plantes dessaladores, tenint en compte a més a més que en aquest cas, s'està dissenyant una planta amb una gran automatització, amb la consegüent disminució de recursos humans a la instal·lació.

f i m són paràmetres coneguts, disponibilitat i capacitat de la planta, respectivament

Per tant:

$C_{\text{personal}} = \gamma \cdot f \cdot m \cdot 365 = 0,02114 \text{ €/m}^3 \cdot 0,9 \cdot 25536 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 365 = 177310,74 \text{ €}$ és el cost del personal d'operació anual.

Cost de gestió anual de la salmorra

$$C_{\text{salmorra}} = b \cdot B \cdot f \cdot 365 =$$

on b és el valor del cost de la gestió de la salmorra, $b = 0,0015 \text{ \$/m}^3 = 0,00106 \text{ €/m}^3$ (canvi de divisa a data 17/10/2007)

B és el flux de salmorra que cal gestionar. Ve representat pel corrent 10 del flowsheet del procés dessalador. D'aquesta manera, $B = 296000 \text{ kg/h}$. La densitat de la salmorra va de 1140 a 1180 kg/m³. Considerant un valor de densitat de 1140 kg/m³, aquest és el flux volumètric del corrent de rebuig:

$$B = 296000 \frac{\text{kg salmorra}}{h} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1140 \text{ kg salmorra}} \cdot \frac{24 h}{1 \text{ dia}} = 6231,58 \frac{\text{m}^3 \text{ salmorra}}{\text{dia}}$$

f és un paràmetre conegut, la disponibilitat de la planta ($f = 0,9$)



Per tant:

$C_{\text{salmorra}} = b \cdot B \cdot f \cdot 365 = 0,00106 \text{ €/m}^3 \cdot 6231,58 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 0,9 \cdot 365 = 2169,90 \text{ €}$ és el cost anual de gestió de la petita quantitat de residus de salmorra que genera el procés.

Cost del manteniment i les reposicions

$$C_{\text{manteniment}} = p \cdot m \cdot f \cdot 365 =$$

on p és el cost específic referit al manteniment i les reposicions de la instal·lació, valorat en $p = 0,033 \text{ \$/m}^3 = 0,02325 \text{ €/m}^3$ (canvi de divisa a data 17/10/2007)

f i m són paràmetres coneguts, disponibilitat i capacitat de la planta, respectivament

Per tant:

$C_{\text{manteniment}} = p \cdot m \cdot f \cdot 365 = 0,02325 \text{ €/m}^3 \cdot 25536 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 0,9 \cdot 365 = 195041,93 \text{ €}$ és el cost anual de manteniment i reposicions a la planta dessaladora.

Aquest cost suposa aproximadament un 1% del cost total de construcció de la planta ($CD = 18942225,04 \text{ €}$), una mica per sota de l'interval estimat a l'apartat 8.2.3. de la Memòria (l'interval estimat se situa entre l'1,5 i el 2% respecte del total del cost de construcció de la planta).

Cost de recanvi de membrana

$$C_{\text{membrana}} = r \cdot CD_{\text{membrana}}$$

on r és la taxa de recanvi de la membrana ($r = 0,1$ en aigües poc salinitzades)

CD és el cost en inversió de les membranes de l'equip d'OI del procés, i que segons s'ha calculat anteriorment, és de 2810000 €

Per tant:

$C_{\text{membrana}} = r \cdot CD_{\text{membrana}} = 0,1 \cdot 2810000 \text{ €} = 281000 \text{ €}$ és el cost de reposició de les membranes d'OI.

El cost anual és de 281000 € , que passat a €/m^3 , és el següent:

$$\text{Cost } (\text{€/m}^3) = 281000 \frac{\text{€}}{\text{any}} \cdot \frac{1 \text{ any}}{365 \text{ dies}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{25536 \text{ m}^3} = 0,0301 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$



Com es pot comprovar, el preu està dins l'interval previst a l'apartat 8.2.2. de la Memòria, que és, per al cas de l'OI amb aigua marina, entre 0,012 i 0,036 €/m³.

Benefici de la venda de sals

$$B \text{ venda} = t \cdot S \cdot f \cdot 365$$

On t és el preu de venda de les sals formades en el cristal·litzador per membrana. En aquest cas, se suposa un alt rendiment en el procés de deshidratació del Mg(OH)₂ a MgO. El preu depèn molt del grau de puresa de cadascuna de les espècies. En aquest cas, se suposa un rendiment alt d'aquest procés d'obtenció de MgO de manera principal. Per tant, tot i no tenir un grau de puresa molt elevat, sí que les sals obtingudes seran majoritàriament l'òxid de magnesi. Es considera, doncs, un preu mitjà relativament baix, ja que amb un interval entre 20 i 500 \$/tona segons aquesta puresa del MgO, [55] i [41] s'agafa el valor de 60 \$/tona = 0,06 \$/kg = 0,04227 €/kg (canvi de divisa a data 17/10/2007)

S és el flux de sals que s'obtenen del procés. El corrent 13 és el que està format per aquestes sals, i el seu flux és de 29800 kg/h

f és un paràmetre ja conegut, la disponibilitat de la planta (f = 0,9)

Per tant:

$$B \text{ venda} = t \cdot S \cdot f \cdot 365 = 0,04227 \text{ €/kg} \cdot 29800 \text{ kg/h} \cdot 0,9 \cdot 24 \text{ h/dia} \cdot 365 = 9932073,56 \text{ €}$$

és el benefici que s'obté de la venda de sals.

Benefici de la venda d'aigua dessalada

Per calcular el benefici que s'obté a partir de la venda de l'aigua producte, l'aigua dessalada, cal fixar un preu a l'aigua dessalada amb aquest procediment, tenint en compte que el procés ha de resultar econòmicament rendible tant per a la planta dessaladora com per als usuaris d'aquesta aigua. Es decideix el preu de 0,685 €/m³, molt a prop del preu de 0,63 €/m³ al qual es ven l'aigua dessalada a la planta de la Tordera, [25] la referència en el disseny del cas 1.

La producció diària és de 25536 m³/dia. S'hi afegeix també el factor f = 0,9, que indica la disponibilitat de la planta. D'aquesta manera, els ingressos per les vendes seran els següents:

$$\text{Ingressos vendes (€)} = 25536 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot \frac{365 \text{ dies}}{1 \text{ any}} \cdot \frac{0,685 \text{ €}}{1 \text{ m}^3} \cdot 0,9 = 5746174,56 \text{ €/any}$$



Aquests, doncs, són els ingressos corresponents a l'aigua dessalada, tenint en compte un preu competitiu que pugui ser rendible econòmicament.

Es parteix d'un capital fix de $C_{FC} = 18942225,04$ €. La inversió de capital total és un 50% superior, és a dir, $C_{TC} = 28413337,56$ €.

COSTOS D'EXPLOTACIÓ	€/any
COSTOS DIRECTES	
Captació de l'aigua del mar (14% del capital fix)	2651911,51
Edificació i urbanització (10% del capital fix)	1894222,50
Tractament de residus (salmorra)	2169,90
Mà d'obra	177310,74
Supervisió i treball administratiu (15% de la mà d'obra)	26596,61
Reactius químics	106386,51
Serveis: Vapor per a l'intercanviador	1154096,04
Electricitat (a 0,048 €/kWh)	1409280,77
Manteniment i reposicions	195041,93
Recanvi de membranes d'osmosi inversa	281000
Total, $A_{DME} =$	7898016,51
COSTOS INDIRECTES	
Despeses generals(nòmina i planta, empaquetatge i emmagatzematge, impostos locals i assegurança) (10% del capital fix) Total, $A_{IME} =$	1894222,50
Despeses de fabricació totals (excloent la depreciació), $A_{ME} =$	9792239,01
DESPESES GENERALS	



Costos fixos anuals (factor d'amortització = 0,065)	1231244,63
Total, $A_{GE} =$	
Despesa total, $A_{TE} =$	11023483,64
Ingressos de les vendes d'aigua (25536 m ³ /dia a 0,685 €/m ³)	5746174,56
Crèdits de subproductes (sals de magnesi)	9932073,57
Benefici anual net, $A_{NP} =$	4654764,48
Impostos sobre ingressos (50% del benefici anual net), $A_{IT} =$	(-2327382,24)
Benefici anual net després d'impostos, $A_{NNP} =$	2327382,24

G.2. Càlcul del punt 9.2.

En aquest Annex es realitzen els càlculs i les operacions que donen lloc als costos d'inversió i explotació indicats al punt 9.2. de la Memòria. [12]

G.2.1. Càlcul del punt 9.2.1.

Els costos d'inversió dels diferents equips que figuren al punt 9.2.1. de la Memòria s'han trobat de la manera següent: [12]

A. Tanc d'emmagatzematge

Per calcular els costos relacionats amb el tanc d'emmagatzematge, primerament cal dimensionar l'equip, tant la seva llargada com el seu diàmetre. Per fer-ho, es considera l'equip un bidó mesclador. D'aquesta manera, s'obté una longitud (L) de 0,5 a 8 metres, i un diàmetre (D) de 0,3 a 4 metres. Tenint en compte que arriben, aproximadament, 28 m³/h al tanc, es trien unes dimensions mitjanes de l'equip. D'aquesta manera:

$$L = 5,5 \text{ m}$$

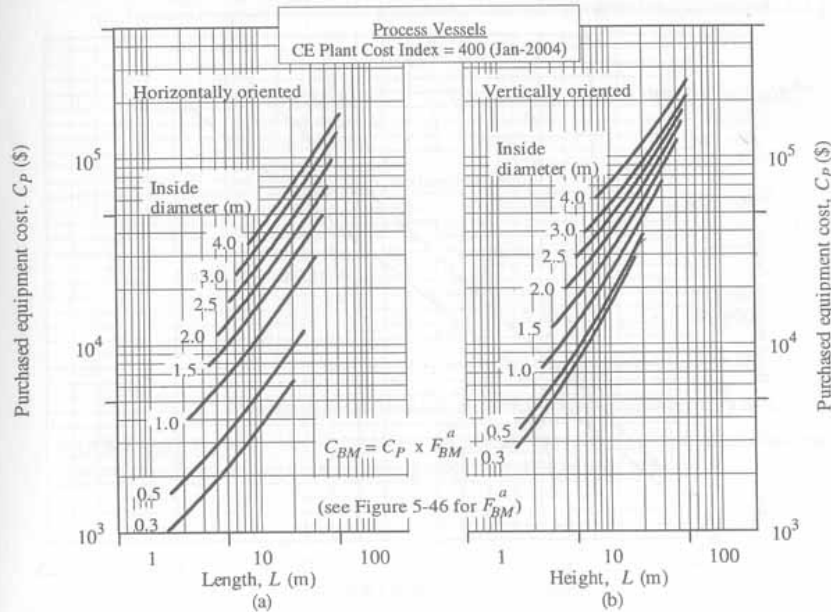
$$D = 1 \text{ m}$$

Amb aquestes dades, el volum del tanc serà de 4,32 m³, més que suficient en aquest cas, ja que el temps de residència serà molt inferior a una hora. Amb aquest número, els factors de



seguretat ja hi són inclosos. Amb el gràfic corresponent, es determina el cost, suposant orientació vertical de l'equip:

FIGURE 5.44 Purchased equipment costs for (a) horizontally oriented and (b) vertically oriented process vessels. Bases for costs are carbon steel construction and internal pressure less than 4 barg. Installation factors F_{BM}^a for higher pressures and different construction are found in Figure 5.46. For jacketed or internally heated vessels or autoclaves, see Figure 5.23. For packed or tray towers, add bare module costs of packing or trays from Figure 5.47 or 5.48.



$$C_p = 8000 \$$$



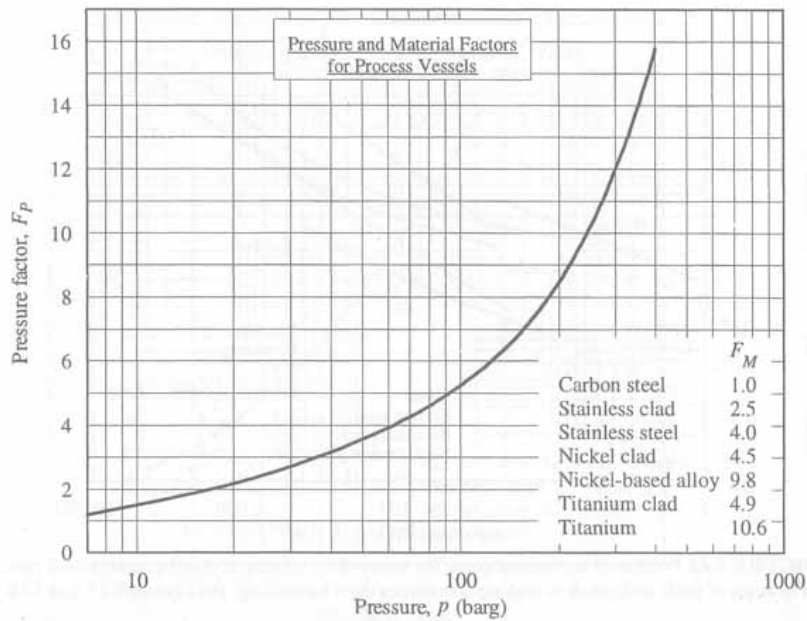
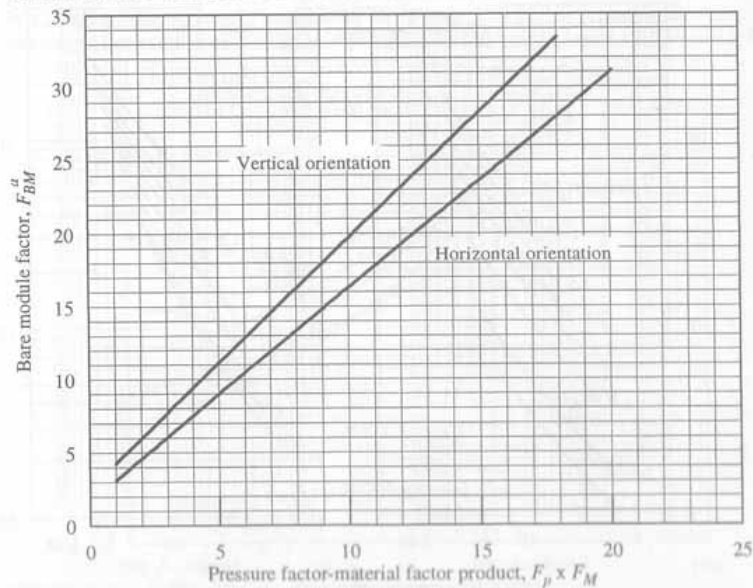


FIGURE 5.45 Vessel pressure and material factors (ratio of purchase price of a high pressure or noncarbon steel vessel to one designed for carbon steel construction and pressures less than 4 barg).

Factor de pressió ($F_P = 1$)

Factor de material (suposant acer al carboni com a material constructiu, ja que en aquest cas la concentració de sal és menor que al cas 1, en tractar-se d'aigua salobrosa i no aigua del mar): $F_M = 1$

FIGURE 5.46 Bare module factors as a function of materials and pressure factors for horizontally and vertically oriented vessels.



$$F_{BM}^a = 4,0$$

$$\text{Per tant: } C_{BM} = C_p \cdot F_{BM}^a = 8000 \$ \cdot 4,0 = 32000 \$$$

El cost del tanc d'emmagatzematge és, en euros, tenint en compte el canvi a data 17/10/2007, el següent:

$$\text{Cost tanc A (€)} = 32000 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 22546,33€$$

B. Bomba de baixa pressió

Per trobar el cost de la bomba, caldrà primer de tot saber la potència que necessitarà per comprimir un corrent que li arriba determinat. Suposant la densitat de l'aigua al corrent, en aquest cas:

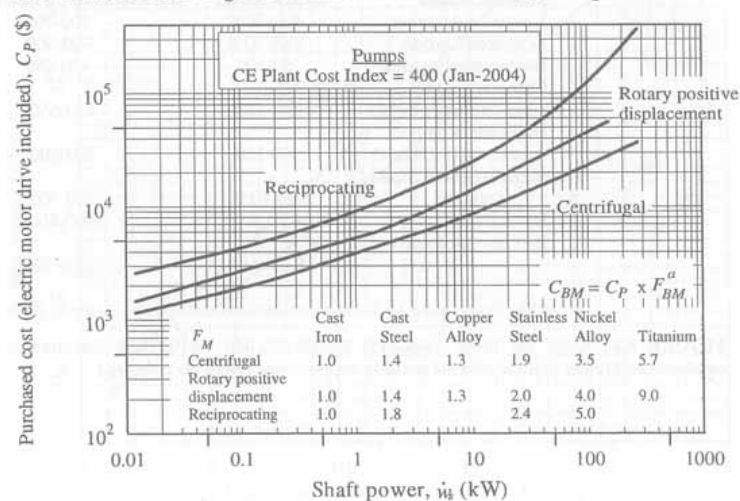
$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)} =$$

$$= 28 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot (3-1)\text{bar} \cdot \frac{10^5 \text{Pa}}{1\text{bar}} = 1,55 \text{kW}$$

Suposant una eficiència del 50%, la potència que li cal a la bomba és de 3,1 kW.

Fent servir el gràfic de cost de les bombes, s'agafa com a suposició de cost una bomba centrífuga:

FIGURE 5.49 Purchased equipment costs for pumps. Shaft power $\dot{w}_s = \dot{q}\Delta p/\epsilon_s$. For unusual service and low capacities, use efficiencies near the lower extremes of ranges given in Table 4.20. Within the sensitivity allowed by a predesign cost estimate, this will compensate for higher priced pumps employed in severe service. Prices are complete with electric motor drives. To substitute other drives, use data in Figures 5.20 and 5.21. For values of F_{BM}^a , see Figure 5.51.



$$C_p = 8200 \$$$

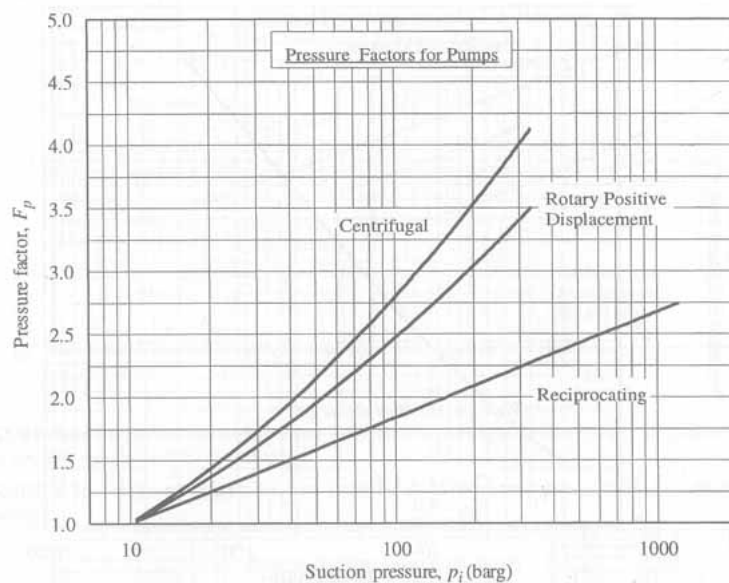
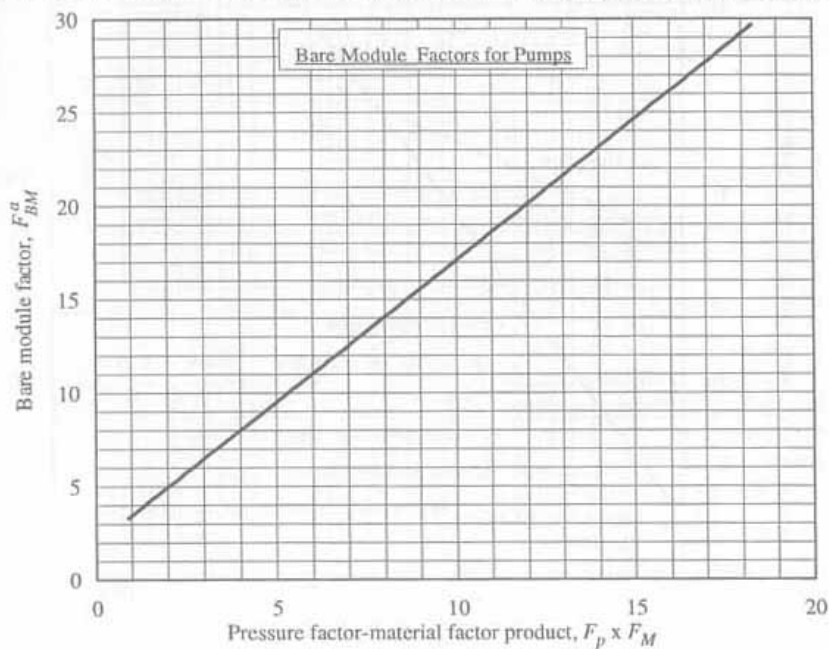


FIGURE 5.50 Pump pressure factor (ratio of purchase price of high pressure pump to that of one designed for 10 barg).

$$P = 5 \text{ bar} \rightarrow \text{Factor de pressió } (F_p) = 1$$

FIGURE 5.51 Bare module factors as a function of materials and pressure factors for pumps.



Factor de material (F_M) = 1,0 (suposant acer al carboni com a material de construcció, ja que la concentració salina d'aquestes aigües és relativament petita)

$$F_P \cdot F_M = 1 \cdot 1,0 = 1,0 \rightarrow F_{BM}^a = 3,2$$

Per tant, la despesa total serà la següent:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM}^a = 8200 \$ \cdot 3,2 = 26240 \$$$

Es passa el cost de la bomba a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost bomba B (€)} = 26240 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193 \$} = 18487,99€$$

C. Equip de filtració de mescla

Per calcular els costos de l'equip de filtració de mescla, cal conèixer l'àrea de contacte dels filtres. Es parteix del flux que hi arriba, que és de 28000 kg/h. Se suposa una densitat de 1270 kg/m³, degut a la gran presència de residus i sals, que fan augmentar la densitat del corrent. D'aquesta manera:

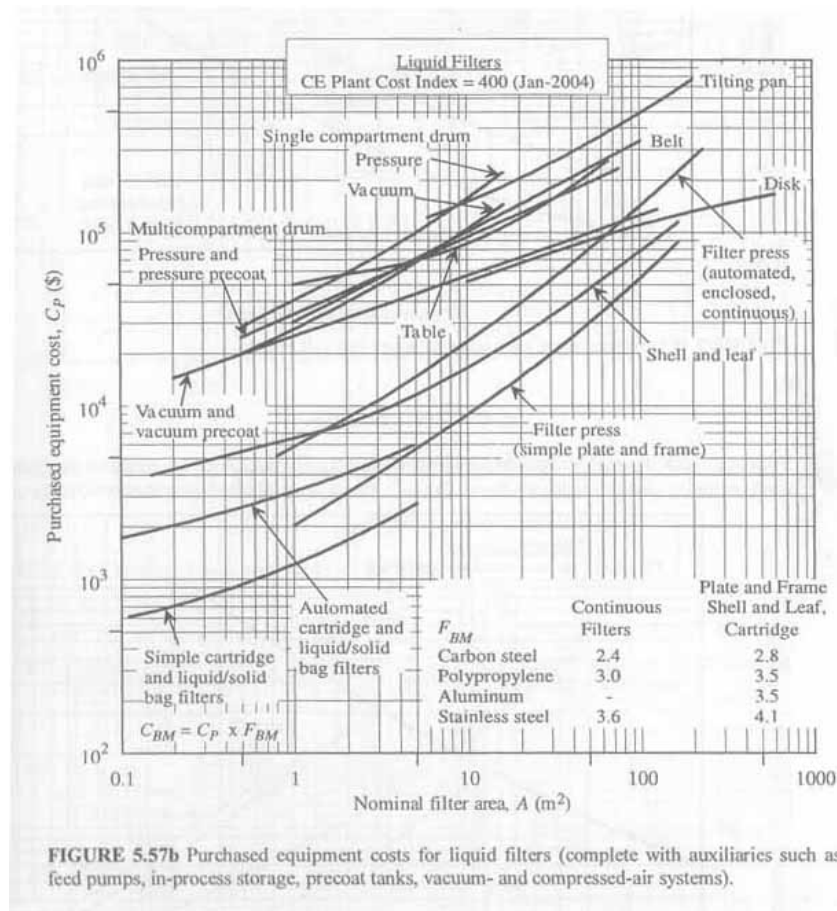
$$28000 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1m^3}{1270kg} \cdot \frac{1h}{3600s} = 0,006124 \frac{m^3}{s}$$

L'àrea de contacte per a un equip de filtració de mescla amb líquid i sòlid, va entre 6 i 200 m². Tenint en compte el baix cabal volumètric que travessa la membrana, l'àrea no cal que sigui gaire gran. Per concretar més, es pot calcular el flux del corrent filtrat a través dels filtres. Per aquest equip, on la filtració no cal que sigui molt acurada (a diferència dels equips de membrana), la relació pot ser de 250 mL·s⁻¹·m⁻². D'aquesta manera, es pot trobar una àrea que estigui dins l'interval tot just especificat:

$$250 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = \frac{6124,23 \text{ mL} / \text{s}}{A} \Leftrightarrow A = 24,5 \text{ m}^2$$

S'observa com aquesta àrea compleix l'interval demanat per aquest equip de filtració. Amb aquesta dada, a la gràfica s'obté el cost, agafant el tipus de filtre de separació de líquids i sòlids, en aquest cas, els residus suspesos que hi ha al corrent d'aigua ("bag filters"):





$$C_P = 8000 \$$$

Factor de material (se suposa filtre d'acer al carboni per al cas de làmina simple i carcassa):

$$F_{BM} = 2,8$$

Per tant, el cost és el següent: $C_{BM} = C_P \cdot F_{BM} = 8000 \$ \cdot 2,8 = 22400 \$$

Es passa el cost de l'equip de filtració a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost filtració mescla } C (\text{€}) = 22400 \$ \cdot \frac{1 \text{€}}{1,4193 \$} = 15782,43 \text{€}$$

D. Equip de filtració de control

El càlcul del cost d'aquest equip de filtració es realitza amb el mateix procediment que l'equip C. Per tant, per calcular els costos de l'equip de filtració de mescla, cal conèixer l'àrea de contacte dels filtres. Es parteix del flux que hi arriba, que és de 26261,2 kg/h.



En aquest cas, cal tenir en compte la densitat de l'àcid fosfòric (1680 kg/m^3) per calcular la densitat del corrent. Es troba una densitat total de $1030,6 \text{ kg/m}^3$ per al corrent, aproximadament. D'aquesta manera:

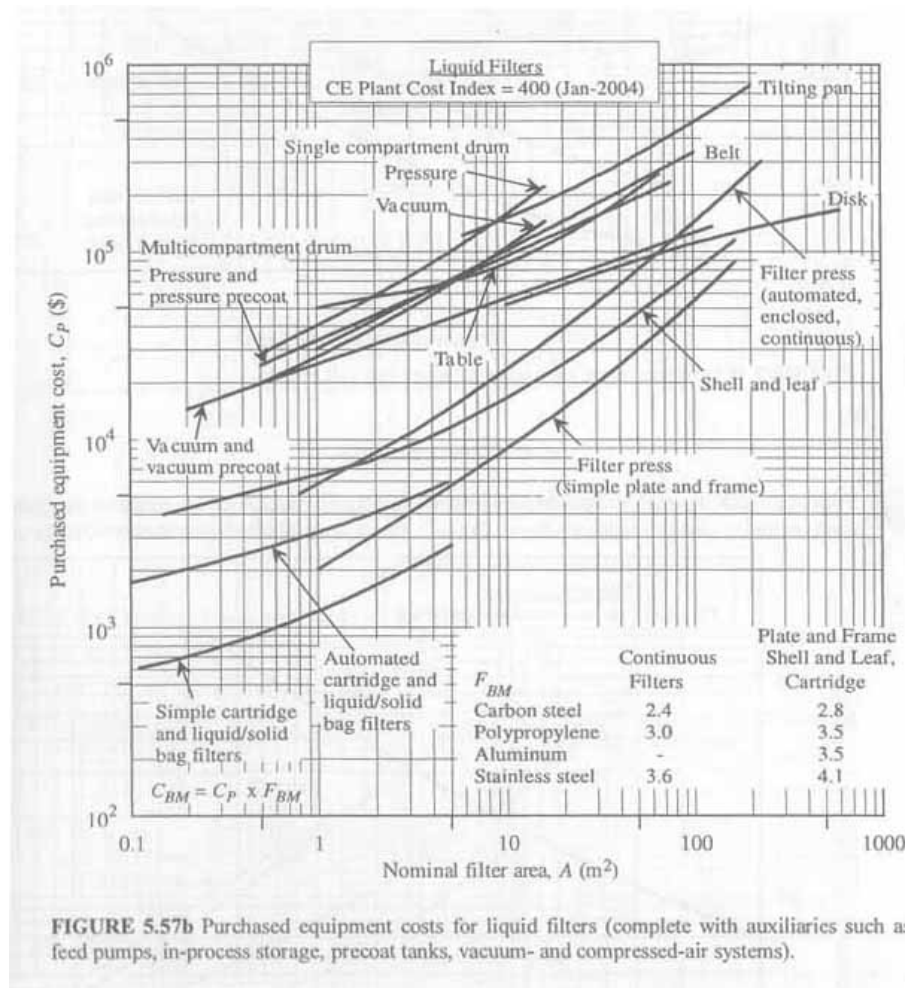
$$26261,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1030,6 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,007078 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

L'àrea de contacte per aquest equip de filtració de control amb líquid i sòlid es considera també en un interval que va entre 6 i 200 m^2 . Per concretar més, es pot calcular el flux del corrent filtrat a través dels filtres. Per aquest equip, on la filtració no cal que sigui molt acurada (a diferència dels equips de membrana), la relació s'agafa més elevada, de $250 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. D'aquesta manera, es pot trobar una àrea que estigui dins l'interval tot just especificat:

$$250 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = \frac{7078,18 \text{ mL} / \text{s}}{A} \Leftrightarrow A = 28,3 \text{ m}^2$$

S'observa com aquesta àrea compleix l'interval demanat per aquest equip de filtració. Amb aquesta dada, a la gràfica s'obté el cost, agafant ara també el tipus de carcassa i fulla ("shell and leaf"):





$$C_P = 7500 \$$$

Factor de material (se suposa filtre d'acer al carboni per al cas de làmina simple i carcassa):

$$F_{BM} = 2,8$$

Per tant, el cost és el següent: $C_{BM} = C_P \cdot F_{BM} = 7500 \$ \cdot 2,8 = 21000 \$$

Es passa el cost de l'equip de filtració a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost filtració mescla D (€)} = 21000 \$ \cdot \frac{1 €}{1,4193 \$} = 14796,03 €$$

E. Bomba de baixa pressió

Se segueix un procediment anàleg al de la bomba B. És a dir, que per trobar el cost de la bomba, caldrà primer de tot saber la potència que necessitarà per comprimir un corrent que li arriba determinat. Suposant la densitat de l'aigua al corrent, en aquest cas:



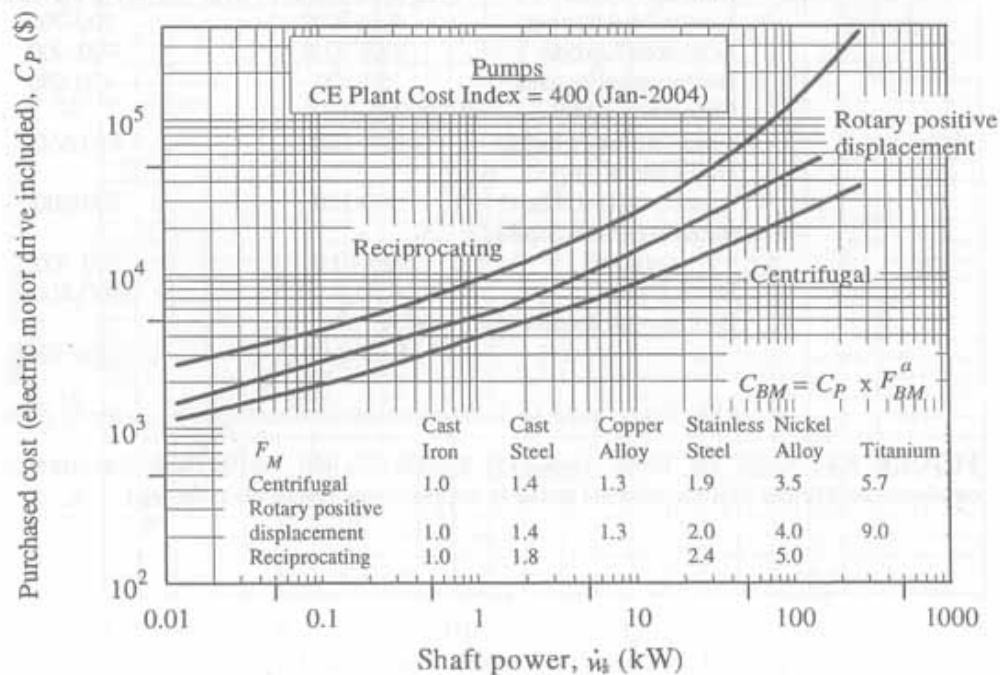
$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)} =$$

$$= 26 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot (5-3)\text{bar} \cdot \frac{10^5 \text{ Pa}}{1\text{bar}} = 1,44\text{kW}$$

Suposant una eficiència del 50%, per aquesta bomba amb baixa pressió, la potència que li cal a la bomba és de 2,9 kW.

Fent servir el gràfic de cost de les bombes, s'agafa com a suposició de cost una bomba centrífuga:

FIGURE 5.49 Purchased equipment costs for pumps. Shaft power $\dot{w}_s = \dot{q}\Delta p/\epsilon_s$. For unusual service and low capacities, use efficiencies near the lower extremes of ranges given in Table 4.20. Within the sensitivity allowed by a predesign cost estimate, this will compensate for higher priced pumps employed in severe service. Prices are complete with electric motor drives. To substitute other drives, use data in Figures 5.20 and 5.21. For values of F_{BM}^a , see Figure 5.51.



$$C_p = 8100 \$$$



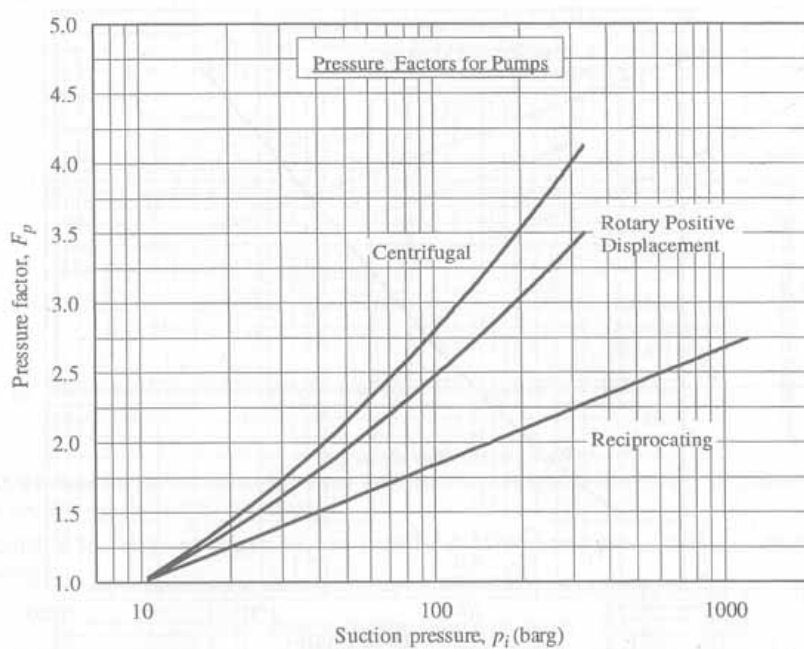
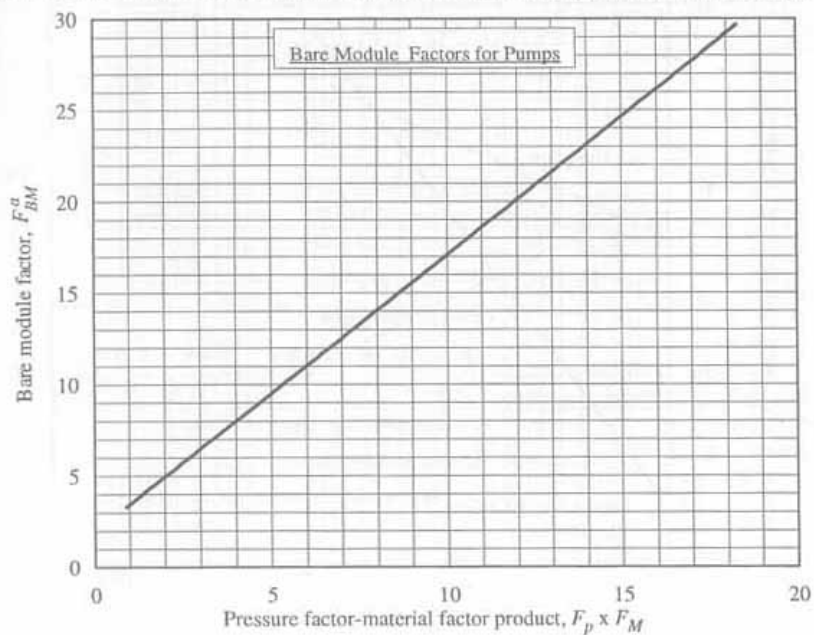


FIGURE 5.50 Pump pressure factor (ratio of purchase price of high pressure pump to that of one designed for 10 barg).

$P = 5 \text{ bar} \rightarrow \text{Factor de pressió } (F_P) = 1,0$

FIGURE 5.51 Bare module factors as a function of materials and pressure factors for pumps.



Factor de material (F_M) = 1,0 (suposant acer al carboni com a material de construcció, en aquest cas, amb una baixa concentració salina)



$$F_P \cdot F_M = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0 \rightarrow F_{BM}^a = 3,2$$

Per tant, la despesa total serà la següent:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM}^a = 8200 \$ \cdot 3,2 = 25920 \$$$

Es passa el cost de la bomba a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost bomba E (€)} = 25920\$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 18262,52€$$

F. Equip d'ultrafiltració

Els costos d'aquest equip són relativament baixos, inferiors als de l'OI i la NF, degut a la seva inferior qualitat de filtració, però superiors als de la microfiltració. Se suposa una àrea de membrana dels diferents filtres de la ultrafiltració, partint del flux que hi arriba (uns 26037,4 kg/h, que seran 25,28 m³/h, suposant densitat del corrent 10 de 1030 kg/m³, degut a la presència de residus i altres reactius químics).

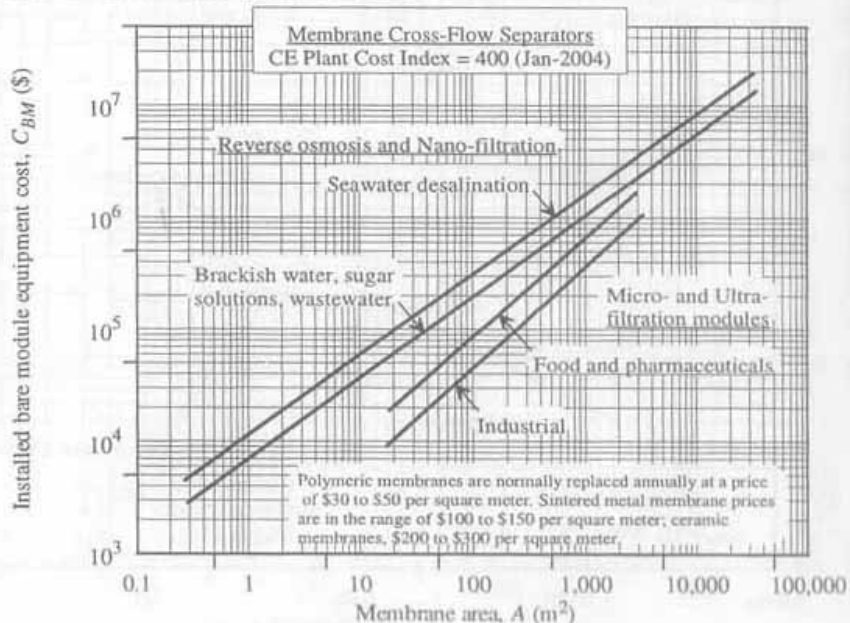
El flux serà, doncs, de 0,00702 m³/s. D'altra banda, el flux per metre quadrat (mL·s⁻¹·m⁻²) per a la ultrafiltració amb finalitats de purificació d'aigua marina oscil·la entre 30 i 70. En el cas d'aigües salobreses, s'ha dimensionat l'equip d'osmosi inversa amb una relació de 120 mL·s⁻¹·m⁻². Per tant, el valor d'aquesta relació per a l'equip d'ultrafiltració haurà de ser superior, degut a què aquest equip es troba a la fase de pre-tractament del procés, i per tant, la seva funció és preparar el corrent abans del seu tractament a l'equip d'OI. S'escull finalment una relació de 150 mL·s⁻¹·m⁻². D'aquesta manera:

$$150 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = \frac{7021,95 \text{ mL} / \text{s}}{A} \Leftrightarrow A = 46,8 \text{ m}^2$$

Amb aquesta dada, es pot trobar el cost C_{BM} de l'equip de forma gràfica, fent ús de la recta que indica "food and pharmaceuticals", perllongant la seva corba, tenint en compte que aquesta serà una fase de pre-tractament del procés, però la qualitat final de l'aigua ha de ser elevada, degut al procés d'optimització del pre-tractament que s'està duent a terme en aquest cas 2. El cost aproximat és el següent:



FIGURE 5.57a Installed bare module costs for membrane cross-flow separator packages. Units contain spiral-wound or hollow-fiber/capillary-tube polymer-based membrane elements, whichever is best for a given application. Membranes, pumps, cleaning systems, piping, instruments, and control panel are included.



$$C_{BM} = 50000 \$$$

Es passa el cost de l'equip de ultrafiltració a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost equip ultrafiltració F (€)} = 50000\$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 35228,63€$$

G. Bomba d'alta pressió

Se segueix un procediment anàleg al de la bomba B i la E. En aquest cas, es tracta d'una bomba d'alta pressió, però el procediment a seguir és el mateix.

Per tant, per trobar el cost de la bomba, caldrà primer de tot saber la potència que necessitarà per comprimir un corrent que li arriba determinat. Suposant la densitat de l'aigua al corrent, en aquest cas:

$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)} =$$

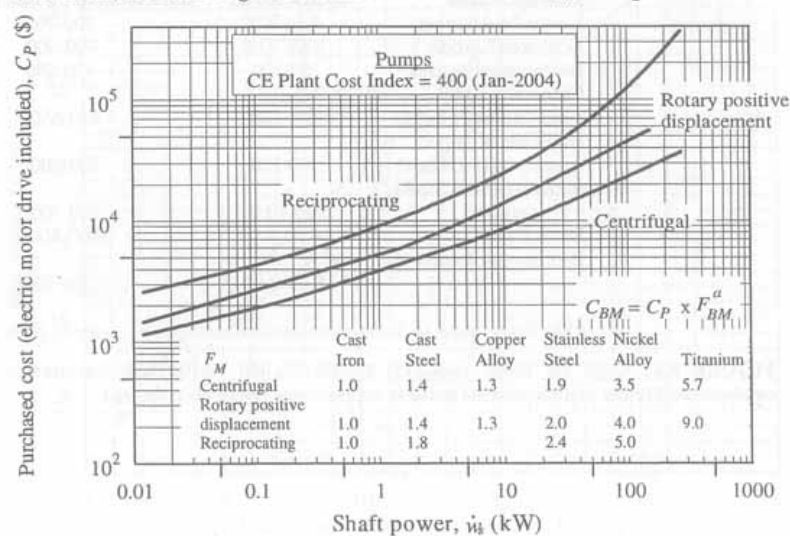
$$= 26 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot (20 - 5) \text{bar} \cdot \frac{10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} = 10,8 \text{ kW}$$



Suposant una eficiència del 50% d'aquesta bomba és d'alta pressió, la potència que li cal a la bomba és de 21,7 kW.

Fent servir el gràfic de cost de les bombes, s'agafa com a suposició de cost una bomba centrífuga:

FIGURE 5.49 Purchased equipment costs for pumps. Shaft power $\dot{w}_s = \dot{q}\Delta p/\epsilon_t$. For unusual service and low capacities, use efficiencies near the lower extremes of ranges given in Table 4.20. Within the sensitivity allowed by a predesign cost estimate, this will compensate for higher priced pumps employed in severe service. Prices are complete with electric motor drives. To substitute other drives, use data in Figures 5.20 and 5.21. For values of F_{BM}^a , see Figure 5.51.



$$C_p = 30000 \$$$

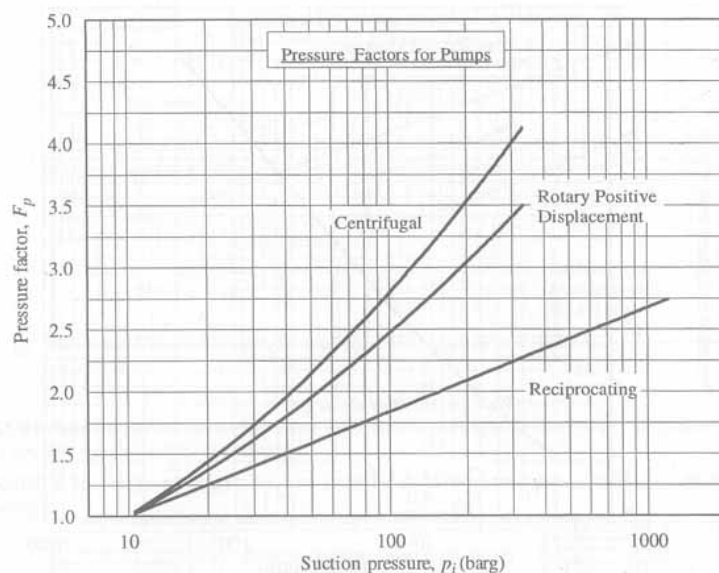
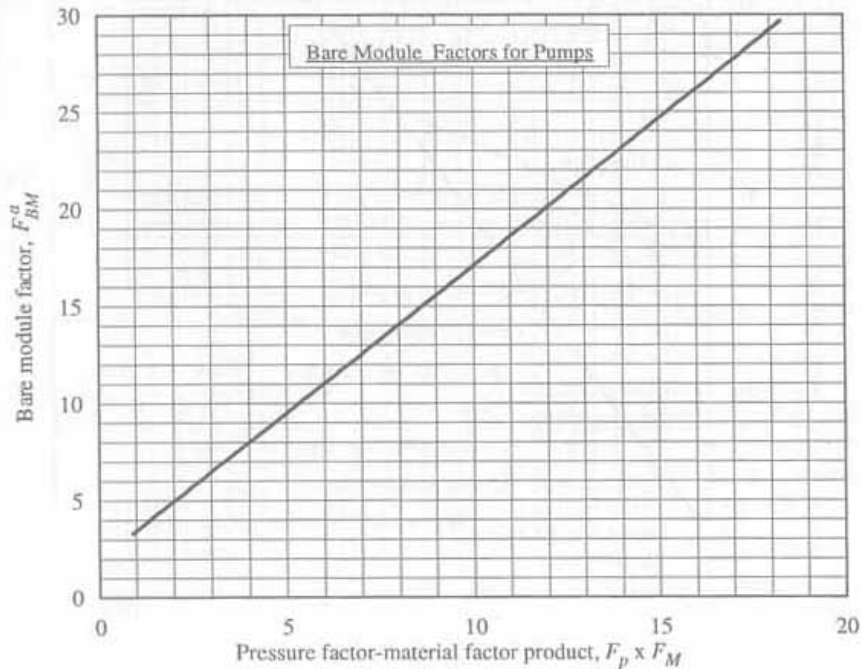


FIGURE 5.50 Pump pressure factor (ratio of purchase price of high pressure pump to that of one designed for 10 barg).

$$P = 20 \text{ bar} \rightarrow \text{Factor de pressió } (F_P) = 1,475$$



FIGURE 5.51 Bare module factors as a function of materials and pressure factors for pumps.



Factor de material (F_M) = 1,0 (suposant acer al carboni com a material de construcció, ja que la concentració salina d'aquestes aigües és relativament petita)

$$F_P \cdot F_M = 1,475 \cdot 1,0 = 1,475 \rightarrow F_{BM}^a = 4,5$$

Per tant, la despesa total serà la següent:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM}^a = 30000 \$ \cdot 4,5 = 135000 \$$$

Es passa el cost de la bomba a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost bomba G (€)} = 135000 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 95117,31€$$

H. Equip d'osmosi inversa

Es calcula el preu de les membranes d'osmosi inversa, a partir de la dada del seu cost mitjà: 400 € per unitat, a partir de la referència del cost que s'ha calculat al cas 1, però tenint en compte el preu inferior quan les aigües que cal tractar són salobreses, com és el cas 2.

En aquest cas, però, la gran diferència de producció (25536 m³/dia al cas 1 per només 482 m³/dia al cas 2) fa que no hi puguin haver les mateixes membranes. Partint d'una



relació proporcional entre les membranes que caldrà fer servir en aquests processos, es pot deduir que les membranes que caldran en aquest procés seran 106 en total, repartides en 2 bastidors de 53 membranes cadascun d'ells.

D'aquesta manera, el cost serà el següent:

$$C \text{ inversió membranes equip OI} = 106 \text{ unitats} \cdot 400 \text{ €/unitat} = 42400 \text{ €}$$

El cost d'inversió de les membranes és necessari per trobar altres costos indirectes, més endavant.

Per cercar el cost total d'inversió de l'equip, se suposa una àrea de membrana dels diferents filtres de l'OI, partint del flux que hi arriba (uns 26,04 m³/h, suposant densitat de l'aigua al corrent, ja que en aquest cas l'aigua és prou neta com per realitzar aquesta consideració).

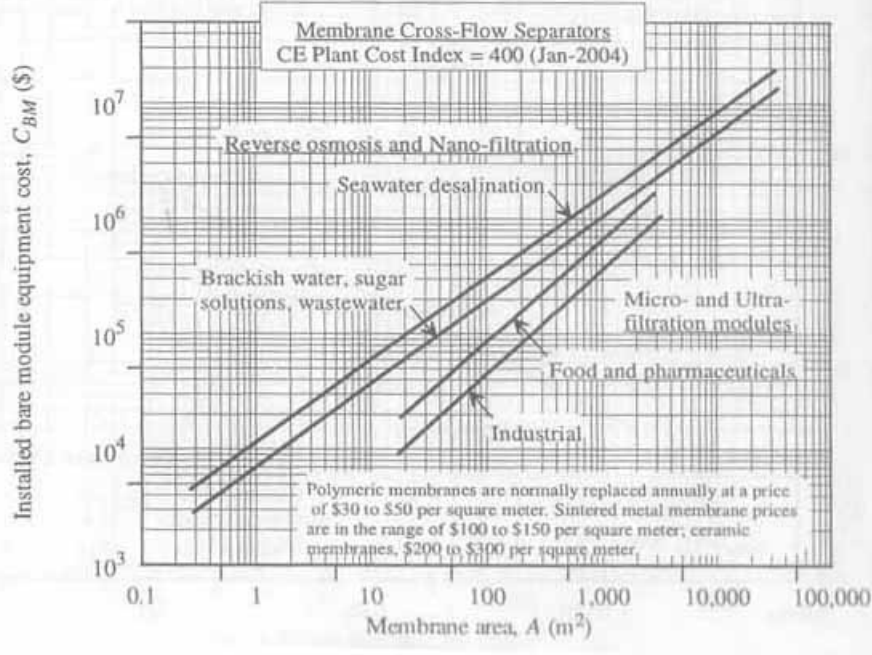
Per tant, el flux serà de 0,00723 m³/s. El flux per metre quadrat (mL·s⁻¹·m⁻²) per a la l'osmosi inversa amb finalitats de dessalació d'aigua salobrosa oscil·la entre 30 i 80, però en alguns casos pot augmentar, en concret en situacions de petit flux volumètric a través de l'equip d'OI, i poca concentració salina. Així doncs, se suposa un valor de relació aproximada de 120 mL·s⁻¹·m⁻², per sobre de l'interval marcat en principi, degut a què gran part de la filtració anterior ja s'ha realitzat al procés de pre-tractament, i que el contingut en sal d'aquestes aigües és relativament baix, tractant-se d'aigües salobroses. Per tant, el valor especificat és propi per a aquesta situació. D'aquesta manera:

$$120 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = \frac{7233,3 \text{ mL} / \text{s}}{A} \Leftrightarrow A = 60,3 \text{ m}^2$$

Amb aquesta dada, es pot trobar el cost C_{BM} de l'equip de forma gràfica, fent ús de la recta que indica la dessalació d'aigües salobroses ("brackish water"):



FIGURE 5.57a Installed bare module costs for membrane cross-flow separator packages. Units contain spiral-wound or hollow-fiber/capillary-tube polymer-based membrane elements, whichever is best for a given application. Membranes, pumps, cleaning systems, piping, instruments, and control panel are included.



$$C_{BM} = 85000 \$$$

Es passa el cost de l'equip d'OI a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost equip osmosi inversa H (€)} = 85000\$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 59888,68€$$

I. Tanc d'emmagatzematge

El tanc d'emmagatzematge I segueix el mateix procediment que el tanc A per al càlcul dels costos:

Per calcular els costos relacionats amb el tanc d'emmagatzematge, primerament cal dimensionar l'equip, tant la seva llargada com el seu diàmetre. Per fer-ho, es considera l'equip un bidó mesclador. D'aquesta manera, s'obté una longitud (L) de 0,5 a 8 metres, i un diàmetre (D) de 0,3 a 4 metres. Tenint en compte que arriben, aproximadament, 20 m³/h al tanc, es trien unes dimensions mitjanes de l'equip. D'aquesta manera:

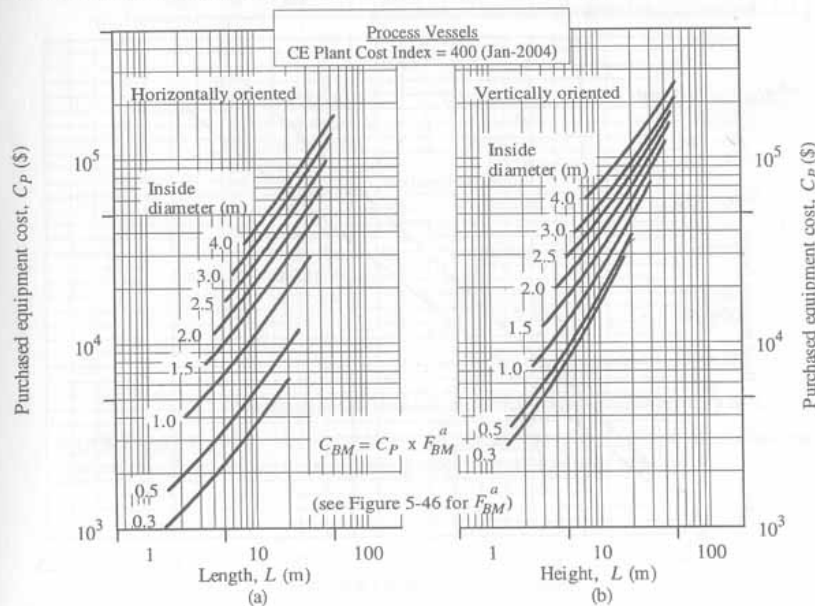
$$L = 6 \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ m}$$



Amb aquestes dades, el volum del tanc serà de $4,71 \text{ m}^3$, més que suficient en aquest cas, tenint en compte que el temps de residència en cap cas superarà una hora. Amb el gràfic corresponent, es determina el cost, suposant orientació vertical de l'equip:

FIGURE 5.44 Purchased equipment costs for (a) horizontally oriented and (b) vertically oriented process vessels. Bases for costs are carbon steel construction and internal pressure less than 4 barg. Installation factors F_{BM} for higher pressures and different construction are found in Figure 5.46. For jacketed or internally heated vessels or autoclaves, see Figure 5.23. For packed or tray towers, add bare module costs of packing or trays from Figure 5.47 or 5.48.



$$C_p = 8500 \$$$

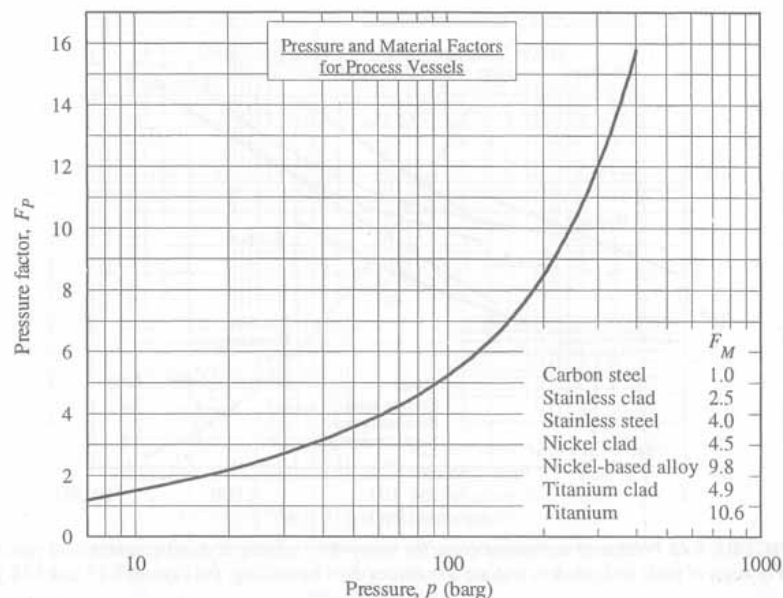


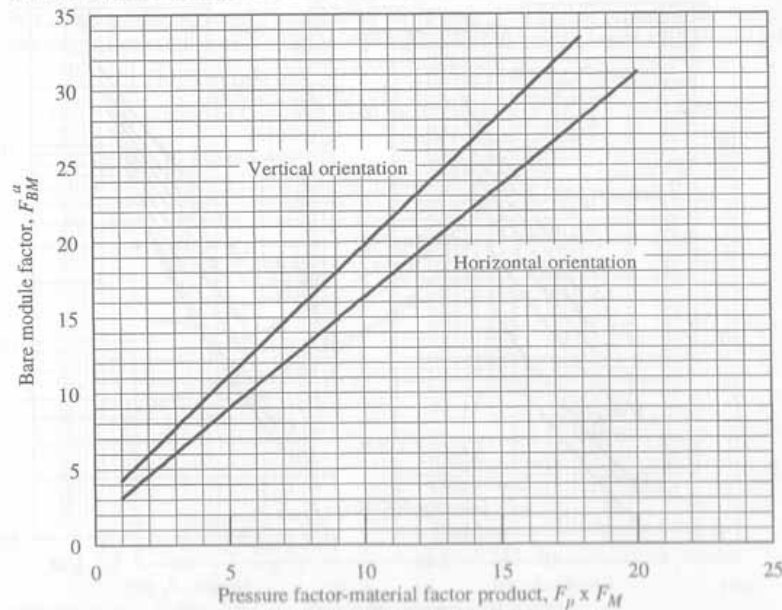
FIGURE 5.45 Vessel pressure and material factors (ratio of purchase price of a high pressure or noncarbon steel vessel to one designed for carbon steel construction and pressures less than 4 barg).

$P = 20 \text{ bar} \rightarrow$ Factor de pressió ($F_P = 2,1$)

Factor de material (suposant acer al carboni en aquest cas, ja que la salinitat del corrent, que pot fer corrosió sobre l'acer, és gairebé nul·la, en l'aigua de producte): $F_M = 1$



FIGURE 5.46 Bare module factors as a function of materials and pressure factors for horizontally and vertically oriented vessels.



$$F_{BM}^a = 6,1$$

$$\text{Per tant: } C_{BM} = C_p \cdot F_{BM}^a = 8500 \$ \cdot 6,1 = 51850 \$$$

El cost del tanc d'emmagatzematge és, en euros, tenint en compte el canvi a data 17/10/2007, el següent:

$$\text{Cost tanc I (€)} = 51850 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193 \$} = 36532,09€$$

J. Bomba de baixa pressió

Se segueix un procediment anàleg al de les bombes B, G i E. Per tant, per trobar el cost de la bomba, caldrà primer de tot saber la potència que necessitarà per comprimir un corrent que li arriba determinat. Suposant la densitat de l'aigua al corrent, en aquest cas:

$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)} =$$

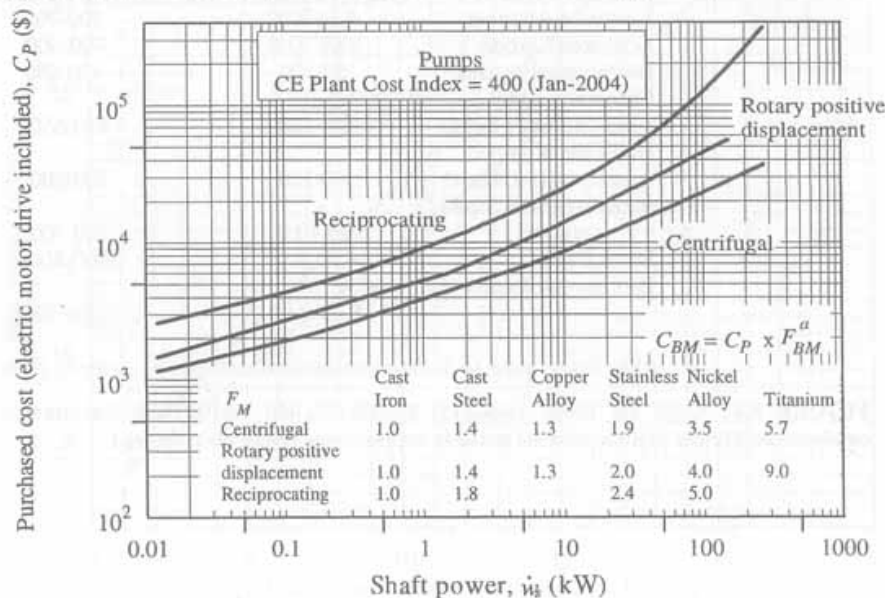
$$= 20,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot (1 - 0,5)\text{bar} \cdot \frac{10^5 \text{Pa}}{1\text{bar}} = 0,28\text{kW}$$

Suposant una eficiència del 50%, la potència que li cal a la bomba és de 0,56 kW.

Fent servir el gràfic de cost de les bombes, s'agafa com a suposició de cost una bomba centrífuga:



FIGURE 5.49 Purchased equipment costs for pumps. Shaft power $\dot{w}_s = \dot{q}\Delta p/\epsilon_s$. For unusual service and low capacities, use efficiencies near the lower extremes of ranges given in Table 4.20. Within the sensitivity allowed by a predesign cost estimate, this will compensate for higher priced pumps employed in severe service. Prices are complete with electric motor drives. To substitute other drives, use data in Figures 5.20 and 5.21. For values of F_{BM}^a , see Figure 5.51.



$$C_p = 700 \$$$

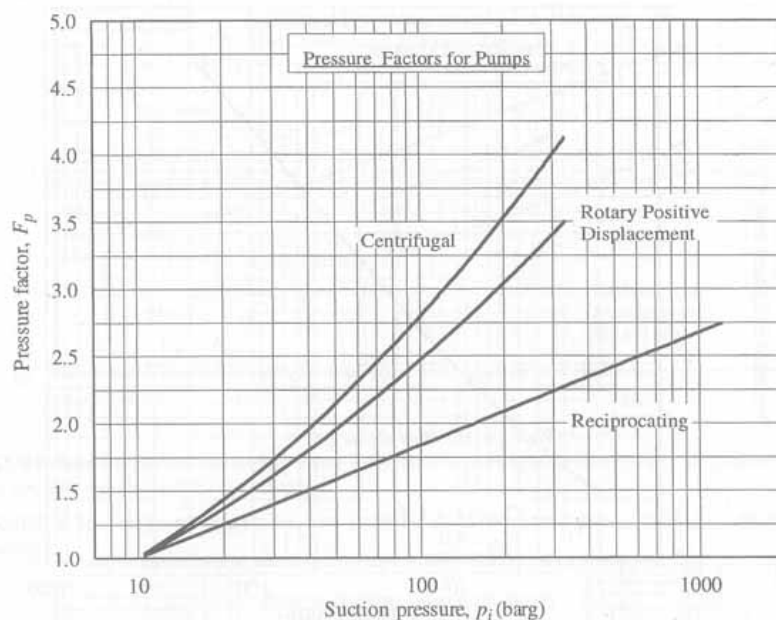
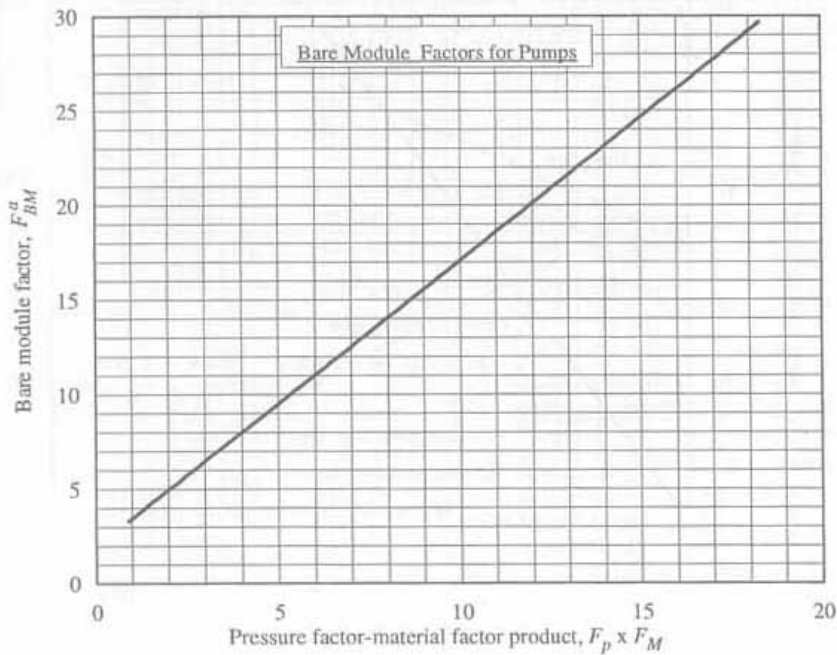


FIGURE 5.50 Pump pressure factor (ratio of purchase price of high pressure pump to that of one designed for 10 barg).

$$P = 1 \text{ bar} \rightarrow \text{Factor de pressió } (F_P) = 1$$



FIGURE 5.51 Bare module factors as a function of materials and pressure factors for pumps.



Factor de material (F_M) = 1 (suposant acer al carboni com a material de construcció, ja que el corrent gairebé no conté sal)

$$F_P \cdot F_M = 1 \cdot 1,0 = 1,0 \rightarrow F_{BM}^a = 3,2$$

Per tant, la despesa total serà la següent:

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM}^a = 700 \$ \cdot 3,2 = 2240 \$$$

Es passa el cost de la bomba a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost bomba J (€)} = 2240\$ \cdot \frac{1€}{1,4193\$} = 1578,24€$$

K. Turbina recuperadora d'energia

La turbina recuperadora d'energia passarà un determinat flux de salmorra cap a la bomba d'alta pressió, per així poder reaprofitar els recursos energètics.

Cal cercar la potència que consumeix la turbina, que, suposant la densitat del corrent de 1140 kg/m^3 , tenint en compte l'elevada concentració salina d'aquest corrent de salmorra (molta sal en un corrent amb poc volum), serà la següent:



$$P = \text{Flux (m}^3/\text{s)} \cdot \text{Diferència de Pressió (Pa)}$$

Segons la figura 8.7.de la Memòria, les turbines Pelton consumeixen 3,04 kWh/m³. Tenint en compte que el flux que hi arriba és de 5963 kg/h, i partint d'una densitat del corrent aproximadament com la de la salmorra, és a dir, 1140 kg/m³, la potència que caldrà serà la següent:

$$\text{Potència} = 3,04 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1 \text{m}^3}{1140 \text{kg}} \cdot \frac{5963 \text{kg}}{1 \text{h}} = 15,9 \text{kW}$$

Com que la recuperació d'energia o eficiència de les turbines Pelton és del 40%, aproximadament, la potència que consumeix la màquina serà la següent:

$$P_{\text{consumida}} = \frac{P_{\text{útil}}}{\text{Eficiència}} = \frac{15,9 \text{kW}}{0,4} = 39,75 \text{kW}$$

Fent servir el gràfic de cost de les màquines recuperadores d'energia, es pot fer una aproximació al preu de la turbina, agafant com a suposició de cost una turbina axial. Es perllonga la corba degut als baixos números d'aquesta petita planta dessaladora. Els materials de construcció seran d'acer inoxidable, degut al corrent salí que hi ha:

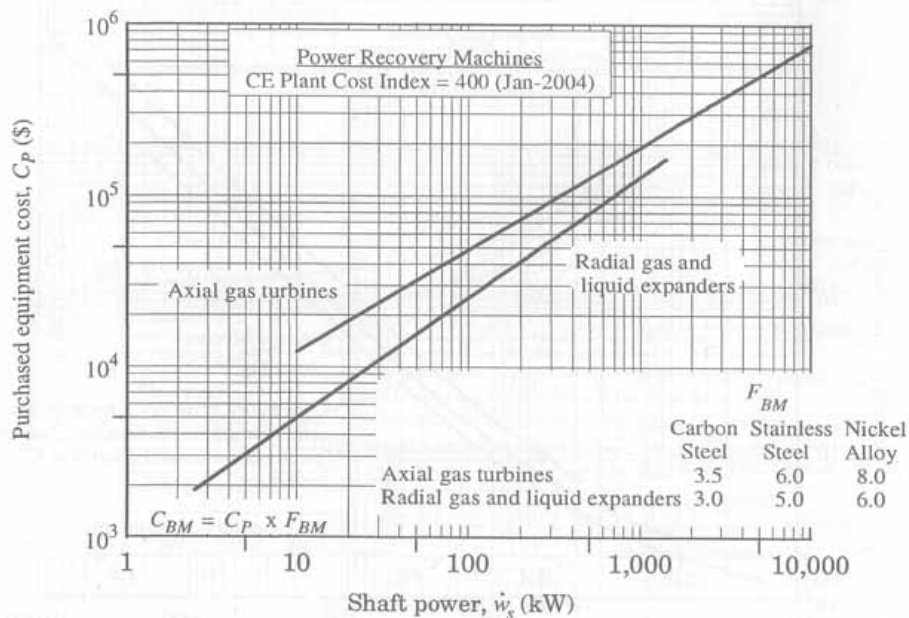


FIGURE 5.22 Purchased equipment costs for power recovery machines.

$$C_p = 35000 \$$$



Factor de material (F_{BM}), suposant acer al carboni per turbina axial = 3,5

$$C_{BM} = C_P \cdot F_{BM} = 35000 \$ \cdot 3,5 = 122500 \$$$

Es passa el cost de la turbina a euros, segons les dades del canvi del 17/10/2007:

$$\text{Cost turbina K (€)} = 122500 \$ \cdot \frac{1€}{1,4193 \$} = 86310,15€$$

Al següent quadre hi ha els costos detallats de cada aparell, amb el seu pes en la inversió total:

Equip	Cost (€)	% sobre el cost total
A. Tanc d'emmagatzematge	22546,33	5,57
B. Bomba de baixa pressió	18487,99	4,57
C. Equip de filtració de mescla	15782,43	3,90
D. Equip de filtració de control	14796,03	3,66
E. Bomba de baixa pressió	18262,52	4,51
F. Equip d'ultrafiltració	35228,63	8,71
G. Bomba d'alta pressió	95117,31	23,51
H. Equip d'osmosi inversa	59888,68	14,80
I. Tanc d'emmagatzematge	36532,09	9,03
J. Bomba de baixa pressió	1578,24	0,39
K. Turbina recuperadora d'energia	86310,15	21,34
TOTAL INVERSIÓ D'EQUIPS	404530,4	100

Aquí hi ha la llista d'equips amb la seva inversió i el percentatge que suposa cadascun d'ells sobre el total.



G.2.2. Càlcul del punt 9.2.2.

Seguidament, hi ha els càlculs realitzats per assolir els costos d'explotació de la planta dessaladora dissenyada al cas 2.

Cost de captació de l'aigua salobrosa

En el cas de la captació de l'aigua, el cost disminueix radicalment. Dependrà, en tot cas, de la profunditat de l'aqüífer del qual se n'extregui l'aigua. Al punt 8.1.2. de la Memòria, s'indica que a la dessalació per aigües salobreses, el cost de la conducció i el bombeig d'aigua s'estableix entorn dels 0,042 i 0,120 €/m³. S'agafa, doncs, un valor mitjà de l'interval, els 0,055 €/m³.

D'aquesta manera:

$C_{\text{captació aigua}} = 0,055 \text{ €/m}^3 \cdot 482,3 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 0,9 \cdot 365 \text{ dies/any} = 8713,95 \text{ €}$ és el cost relatiu a la captació d'aigua.

Cost d'edificació i urbanització

$C_{\text{edificació}} = 0,05 \cdot CD = 0,05 \cdot 404530,40 \text{ €} = 20226,52 \text{ €}$ és el cost relatiu a l'edificació i la urbanització.

En aquest cas, es considera el 5% del capital invertit, a diferència del cas de l'OI amb aigua marina, pel diferent emplaçament que poden ocupar, i les reduïdes dimensions de la instal·lació. A més, l'alt cost de la inversió garanteix que amb aquest percentatge n'hi ha prou per cobrir aquestes despeses.

Cost de gestió anual de la salmorra

$C_{\text{salmorra}} = b \cdot B \cdot f \cdot 365 =$

on b és el valor del cost de la gestió de la salmorra, en aquest cas més elevat per cada metre cúbic, ja que n'hi ha menys, $b = 0,0045 \text{ €/m}^3 = 0,00317 \text{ €/m}^3$ (canvi de divisa a data 17/10/2007)

B és el flux de salmorra que cal gestionar. Ve representat pel corrent 10 del flowsheet del procés dessalador. D'aquesta manera, $B = 5963 \text{ kg/h}$. La densitat de la salmorra va de 1140 a 1180 kg/m³. Considerant un valor de densitat de 1140 kg/m³, aquest és el flux volumètric del corrent de rebuig:

$$B = 5963 \frac{\text{kgsalmorra}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1140 \text{ kgsalmorra}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} = 125,54 \frac{\text{m}^3 \text{ salmorra}}{\text{dia}}$$



f és un paràmetre conegut, la disponibilitat de la planta ($f = 0,9$)

Per tant:

$C_{\text{salmorra}} = b \cdot B \cdot f \cdot 365 = 0,00317 \text{ €/m}^3 \cdot 125,54 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 0,9 \cdot 365 = 130,75 \text{ €}$ és el cost anual de gestió de la petita quantitat de residus de salmorra que genera el procés.

Cal tenir en compte que el corrent de salmorra, en termes quantitativs, en una planta de baixa producció, serà molt petit, donant un cost gairebé zero.

D'altra banda, hi ha residus sòlids que cal gestionar. El flux màssic d'aquests és prou important: 2487,5 kg/h. Amb una suposició de 0,00001 €/kg de residu:

$2487,5 \text{ kg/h} \cdot 24 \text{ h/dia} \cdot 0,9 \cdot 365 \text{ dies/any} \cdot 0,00001 \text{ €/kg} = 196,11 \text{ €}$ és el cost relacionat amb aquesta gestió, molt petita. El fet que la planta sigui de petites dimensions fa que aquestes despeses no es puguin menysprear, al contrari del cas 1.

El total de cost de gestió de residus és el següent: $130,75 \text{ €} + 196,11 \text{ €} = 326,86 \text{ €}$

Cost anual del personal d'operació

$$C_{\text{personal}} = \gamma \cdot f \cdot m \cdot 365 =$$

on γ és el cost del personal d'operació, xifrat en $\gamma = 0,03 \text{ \$/m}^3 = 0,02114 \text{ €/m}^3$ (canvi de divisa a data 17/10/2007). En aquest cas, el cost és manté a l'interval previst corresponent al personal d'operació i manteniment de l'apartat 8.2.3. de la Memòria, que és, per al cas de l'OI amb aigua marina, entre 0,030 i 0,078 €/m³. S'ha agafat un valor baix d'aquest interval degut a les reduïdes dimensions de la instal·lació, i la seva baixa producció.

f i m són paràmetres coneguts, disponibilitat i capacitat de la planta, respectivament

Per tant:

$C_{\text{personal}} = \gamma \cdot f \cdot m \cdot 365 = 0,02114 \text{ €/m}^3 \cdot 0,9 \cdot 482,3 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 365 = 3349,33 \text{ €}$ és el cost del personal d'operació anual.

Cost anual dels reactius químics

$$C_{\text{químics}} = k \cdot f \cdot m \cdot 365 =$$

on k és el cost específic dels reactius químics, valorat en $k = 0,021 \text{ \$/m}^3 = 0,014796 \text{ €/m}^3$ (canvi de divisa a data 17/10/2007). S'agafa un valor mitjà del cost dedicat als productes i additius químics que s'assenyala al punt 8.2.2. de la Memòria per a l'OI amb aigua



salobrosa, que és entre 0,012 i 0,030 €/m³ ja que en aquest cas els reactius intervenen força al procés.

A més, es calculen per separat els costos d'adquisició de dos productes importants per al desenvolupament del procés. Primer és l'H₃PO₄ l'agent encarregat de controlar el pH i actua també com a inhibidor d'escala. Després, l'agent mineralitzador és la sílice (SiO₂).

El preu de l'àcid fosfòric se suposa de 1,15 \$/200 kg, [67] amb una puresa elevada. En aquest cas, no es requereix tanta puresa, perquè es fa servir com a reactiu. Per tant, el preu disminueix, considerant fins a 0,65 \$/200 kg. Per tant, la quantitat anual a pagar serà la següent:

$$\text{Cost H}_3\text{PO}_4 \text{ (€/any)} = \frac{0,65\$}{200\text{kg}} \cdot \frac{500\text{kg}}{1\text{h}} \cdot \frac{24\text{h}}{1\text{dia}} \cdot \frac{365\text{dies}}{1\text{any}} \cdot 0,9 \cdot \frac{1\text{€}}{1,4193\$} = 9026,63\text{€}$$

El preu de la sílice amb una puresa de més del 99% és de 29 €/tona. [50] En aquest cas, com que tampoc no es vol una espècie molt pura, ja que el seu ús és com a reactiu del procés (agent mineralitzador de l'aigua), el seu cost baixa, considerant fins a 19 €/tona. Per tant:

$$\text{Cost SiO}_2 \text{ (€/any)} = \frac{19\text{€}}{1000\text{kg}} \cdot \frac{20\text{kg}}{1\text{h}} \cdot \frac{24\text{h}}{1\text{dia}} \cdot \frac{365\text{dies}}{1\text{any}} \cdot 0,9 = 2995,92\text{€}$$

Per tant:

C químics = k · f · m · 365 = 0,014796 €/m³ · 0,9 · 482,3 m³/dia · 365 = 2344,21 € és el cost dels reactius químics anual.

f i m són paràmetres coneguts, disponibilitat i capacitat de la planta, respectivament

La suma dels reactius químics emprats habitualment més aquests dos productes específics per aquesta planta dóna aquest valor: 2344,21 € + 2995,92 € + 9026,63 € = 14366,76 €

Cost anual de l'energia elèctrica

$$C \text{ elèctric} = c \cdot w \cdot f \cdot m \cdot 365 =$$

on c és el valor del cost elèctric, fixat en c = 0,054 €/kWh, agafant un valor mitjà de l'interval corresponent, ja que en plantes d'OI alimentades d'aigües salobres, el consum específic se situa entre 1 i 2 kWh/m³, i per tant el cost se situa entre 0,042 i 0,120 €/m³.

w és el consum específic d'energia elèctrica (en aquest cas, s'estima que serà d'uns 1,5 kWh/m³), però en aquest cas, a més, cal tenir en compte la recuperació energètica que



realitza la turbina Pelton, motiu pel qual un 40% de l'energia consumida és reaprofitada. Per tant: $1,5 \text{ kWh} \cdot 0,6 = 0,9 \text{ kWh}$ és l'energia consumida finalment per la planta, tenint en compte aquesta circumstància

f és el factor de disponibilitat de la planta, fixat en $f = 0,9$

m és la capacitat de la planta, en m^3/dia , i segons els càlculs realitzats a l'apartat 7.1.3. i a l'annex corresponent, $m = 482,3 \text{ m}^3/\text{dia}$

Amb aquestes suposicions i previsions realitzades, es troba el valor del cost anual de l'energia elèctrica:

$$\begin{aligned} C_{\text{elèctric}} &= c \cdot w \cdot f \cdot m \cdot 365 = 0,054 \text{ €/kWh} \cdot 0,9 \text{ kWh/m}^3 \cdot 0,9 \cdot 482,3 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 365 = \\ &= 7699,97 \text{ €} \text{ és el cost anual de l'energia elèctrica.} \end{aligned}$$

Cost del manteniment i les reposicions

$$C_{\text{manteniment}} = p \cdot m \cdot f \cdot 365 =$$

on p és el cost específic referit al manteniment i les reposicions de la instal·lació, valorat en $p = 0,054 \text{ €/m}^3$ (agafant un valor petit de l'interval que s'indica a l'apartat 8.2.3. de la Memòria per a l'OI amb aigües salobreses, de $0,030$ a $0,078 \text{ €/m}^3$, degut a les reduïdes dimensions i capacitat productiva de la planta)

f i m són paràmetres coneguts, disponibilitat i capacitat de la planta, respectivament

Per tant:

$$C_{\text{manteniment}} = p \cdot m \cdot f \cdot 365 = 0,035 \text{ €/m}^3 \cdot 482,3 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 0,9 \cdot 365 = 5545,24 \text{ €} \text{ és el cost anual de manteniment i reposicions a la planta dessaladora.}$$

Cost de recanvi de membrana

$$C_{\text{membrana}} = r \cdot CD_{\text{membrana}}$$

on r és la taxa de recanvi de la membrana ($r = 0,1$ en aigües poc salinitzades)

CD és el cost en inversió de les membranes de l'equip d'OI del procés, i que segons s'ha calculat anteriorment, és de 42400 €

Per tant:



$C_{\text{membrana}} = r \cdot CD_{\text{membrana}} = 0,1 \cdot 42400 \text{ €} = 4240 \text{ €}$ és el cost de reposició de les membranes d'OI.

El cost anual és de 281000 €, que passat a €/m³, és el següent:

$$\text{Cost (€/m}^3\text{)} = 4240 \frac{\text{€}}{\text{any}} \cdot \frac{1 \text{ any}}{365 \text{ dies}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{482,3 \text{ m}^3} = 0,024 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

Com es pot comprovar, el preu està al llindar, però dins, de l'interval previst a l'apartat 8.2.2. de la Memòria, que és, per al cas de l'OI amb aigües salobreses, entre 0,012 i 0,024 €/m³. D'aquesta manera, es dona per bo el fet de tenir un equip d'optimització del pre-tractament, ja que els costos de les reposicions de membranes baixen significativament respecte el cas 1, tant comparativament com qualitativa.

Costos fixos anuals

Els costos fixos anuals, per aquest cas 2, una planta d'osmosi inversa alimentada amb aigua salobrosa, no es calculen a través de la relació del factor d'amortització que s'ha emprat al cas 1, on la planta en qüestió era d'una capacitat molt superior, i amb aigua del mar com a font d'alimentació.

D'aquesta manera, s'estableix un cost amb un interval d'entre 0,168 i 0,360 €/m³, on també hi són inclosos els costos indirectes, i que varia segons la dificultat d'extracció de l'aigua salobrosa o subterrània que cal dessalar. S'agafa un valor de 0,17 €/m³, un valor petit d'aquest interval, degut a les petites dimensions de la instal·lació. Per tant:

$$\text{Suma de costos fixos anuals i indirectes} = 0,17 \text{ €/m}^3 \cdot 482,3 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 0,9 \cdot 365 \text{ dies/any} = 26934,04 \text{ €}$$

D'aquest cost, se suposa que el cost corresponent a les despeses fixes anuals seran la meitat d'aquesta suma. Per tant:

$$C_{\text{fixos anuals}} = 0,5 \cdot 26934,04 \text{ €} = 13467 \text{ €}$$

són els costos fixos anuals, calculats específicament per a aquesta petita planta dessaladora amb aigües salobreses.

Aquesta partida s'inclou dins les despeses generals.

Costos d'inversió indirectes

Per al cas 2, els costos d'inversió indirectes s'obtenen a partir de la relació anterior dels costos fixos anuals. Com s'ha fet anteriorment, doncs, s'estableix un cost amb un interval d'entre 0,168 i 0,360 €/m³, on també hi són inclosos els costos fixos anuals, i que varia segons la dificultat d'extracció de l'aigua salobrosa o subterrània que cal dessalar.



La suma dels costos en aquest cas dóna com a resultat una despesa de 26934,04 €, dels quals s'ha considerat que la meitat dels quals corresponen als costos d'inversió indirectes (aquells que inclouen despeses generals com ara la nòmina i planta, l'empaquetatge i emmagatzematge, o bé els impostos locals i l'assegurança). En aquest cas:

$C_{\text{indirectes}} = 0,5 \cdot 26934,04 \text{ €} = 13467 \text{ €}$ són els costos d'inversió indirectes, calculats específicament per a aquesta petita planta dessaladora amb aigües salobreses.

Benefici de la venda d'aigua dessalada

Per calcular el benefici que s'obté a partir de la venda de l'aigua producte, l'aigua dessalada, cal fixar un preu a l'aigua dessalada amb aquest procediment, tenint en compte que el procés ha de resultar econòmicament rendible tant per a la planta dessaladora com per als usuaris d'aquesta aigua. Es decideix el preu de 0,85 €/m³, un preu força més elevat que el corresponent al cas 1. De tota manera, el fet de tenir una capacitat productiva més baixa i un àmbit comercial molt més reduït provoca que el preu hagi d'augmentar per assegurar la rendibilitat del procés i la viabilitat de la planta de dessalació.

La producció diària és de 482,3 m³/dia. S'hi afegeix també el factor $f = 0,9$, que indica la disponibilitat de la planta. D'aquesta manera, els ingressos per les vendes seran els següents:

$$\text{Ingressos vendes (€)} = 482,3 \frac{m^3}{dia} \cdot \frac{365 \text{ dies}}{1 \text{ any}} \cdot \frac{0,85 \text{ €}}{1 m^3} \cdot 0,9 = 134670,21 \text{ €/any}$$

Aquests, doncs, són els ingressos corresponents a l'aigua dessalada, tenint en compte un preu competitiu que pugui ser rendible econòmicament.

El capital fix (C_{FC}) d'aquesta planta dessaladora és de $C_{FC} = 404530,40 \text{ €}$. El capital total (C_{TC}) de la instal·lació serà un 50% superior al capital fix. Per tant, $C_{TC} = 606795,60 \text{ €}$.

COSTOS D'EXPLOTACIÓ	€/any
COSTOS DIRECTES	
Captació de l'aigua salobrosa	8713,95
Edificació i urbanització (5% del capital fix)	20226,52
Tractament de residus (salmorra)	326,86



Mà d'obra	3349,33
Supervisió i treball administratiu (15% de la mà d'obra)	502,40
Reactius químics	14366,76
Serveis: Electricitat (a 0,054 €/kWh)	7699,97
Manteniment i reposicions	5545,24
Recanvi de membranes d'osmosi inversa	4240
Total, $A_{DME} =$	64971,03
COSTOS INDIRECTES	
Despeses generals(nòmina i planta, empaquetatge i emmagatzematge, impostos locals i assegurança), $A_{IME} =$	13467
Despeses de fabricació totals (excloent la depreciació), $A_{ME} =$	78438,03
DESPESES GENERALS	
Costos fixos anuals, $A_{GE} =$	13467
Despesa total, $A_{TE} =$	91905,03
Ingressos de les vendes d'aigua (482,3 m ³ /dia a 0,85 €/m ³)	134670,21
Benefici anual net, $A_{NP} =$	42765,18
Impostos sobre ingressos (50% del benefici anual net), $A_{IT} =$	(-21382,59)
Benefici anual net després d'impostos, $A_{NNP} =$	21382,59



H. Processos de dessalació: aplicació de l'EDR

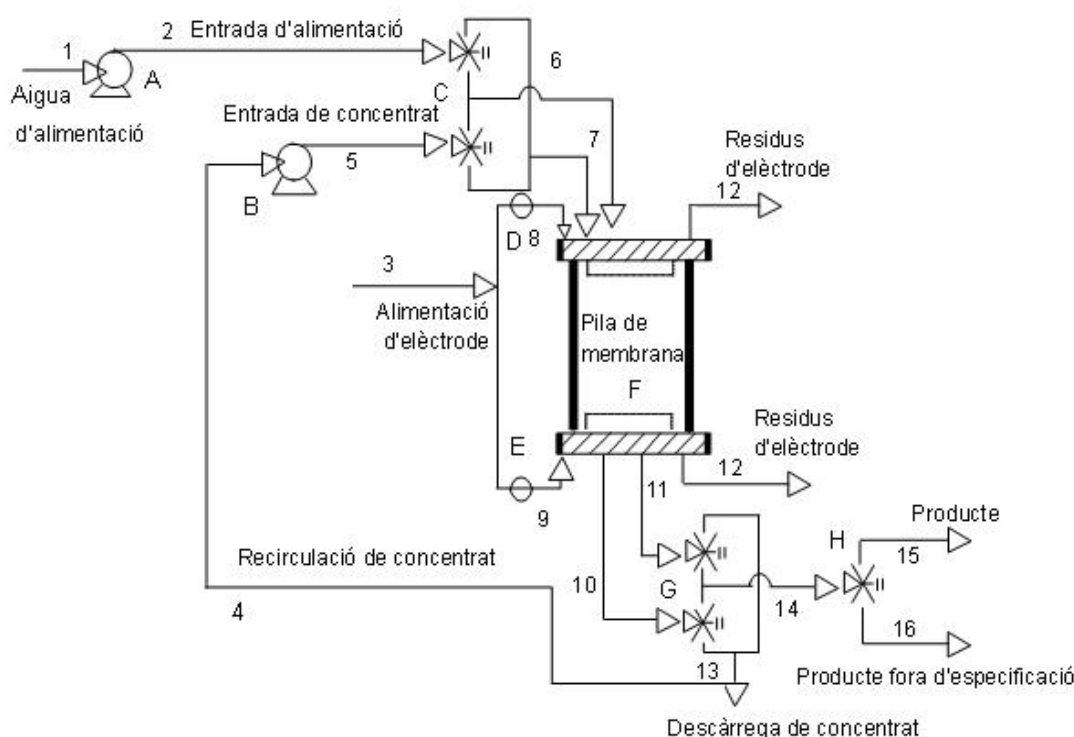
Per raons d'espai, el cas de l'aplicació d'un nou mètode dessalador com és l'electrodiàlisi reversible (EDR) s'ha indicat en forma d'explicació d'aquest procés a l'Annex. **[15]**

Aquest mètode vol comprovar les potencialitats del sistema d'electrodiàlisi reversible. El procés es basa en l'electrodiàlisi convencional, però té la particularitat que opera en condicions de polaritat contràries cada cert temps.

Tot i que aquesta tecnologia no està gaire estesa en el món pel que fa a quota de mercat, té aplicacions molt convenientes en alguns casos. Per exemple, en l'agricultura.

L'electrodiàlisi és un sistema de dessalació que fa servir aigües salobreses com a font d'alimentació. Partint d'aquest fet, una de les aplicacions modernes que s'estan estudiant és el tractament amb electrodiàlisi reversible d'aigües residuals depurades. Gràcies a aquest tractament, es poden reutilitzar aquestes aigües en recs agrícoles.

Aquesta manera alternativa d'aconseguir aigua dessalada per a l'agricultura té el diagrama de flux següent:



En aquest procés, es fa servir aigua salobrosa, igualment com en el cas 2, i a diferència del cas 1 (de la Memòria). El procés es basa en una pila de membrana, on té lloc la separació de



la sal respecte l'aigua, i una inversió de la polaritat dels elèctrodes de l'esmentada pila. D'aquesta manera, l'elèctrode que actua com a càtode durant un cert temps passa a fer-ho com a ànode, i a l'inrevés. L'interval de temps d'aquesta inversió d'elèctrodes és d'uns 15 o 20 minuts. L'objectiu d'aquest fet és reduir la incrustació sobre els elèctrodes de la pila de membrana, provocant també l'alternança de les reaccions químiques de deposició sobre els mateixos.

L'aigua salobrosa d'alimentació entra, després de seguir un previ procés de pre-tractament, en el qual se separen els principals sòlids en suspensió, i també s'ajusta el pH i s'intenten evitar posteriors incrustacions a les membranes del procés d'EDR.

Tot seguit, el corrent 1 passa a través d'una bomba d'alta pressió, per tot seguit passar per una vàlvula de quatre vies. Aquest tipus de vàlvules són un tret diferencial del tipus d'electrodiàlisi que s'està tractant: l'electrodiàlisi reversible (EDR). Són necessàries en el procés degut a la inversió dels elèctrodes de la pila de membrana. Per tant, cada canvi de polaritat requereix també d'una inversió en la direcció dels fluxos d'aigua, donat que els corrents del procés que en un cicle són de producte, al següent passen a ser de corrent de rebuig o salmorra. Així, les vàlvules de quatre vies permeten desviar una mateixa entrada en dues direccions diferents de sortida.

En aquesta primera vàlvula de quatre vies hi conflueixen el corrent d'aigua d'alimentació d'entrada amb el corrent de rebuig que s'ha recirculat. La vàlvula està sincronitzada amb la pila de membrana per desviar els corrents, en cada cas, allà on sigui necessari.

Els dos corrents entren a la pila de membrana, on també hi conflueix un altre corrent: el de l'alimentació d'elèctrode, necessari per dur a terme el procés dessalador. Aquest corrent, abans d'entrar a la pila, passa per dos alternadors, cadascun a un dels elèctrodes de la pila, i que té la seva raó de ser en el fonament del procés d'EDR: la inversió de polaritat que hi té lloc als seus elèctrodes.

Seguidament, surten els residus d'elèctrode que són generats a la pila, i juntament amb aquests, els corrents que s'obtenen després de qualsevol procés dessalador: el de l'aigua producte i el de la salmorra. En aquest moment del procés, hi ha una altra vàlvula de quatre vies. Igual que en la situació anterior, la vàlvula té la missió d'invertir la direcció dels seus corrents a mesura que també s'inverteixi la polaritat dels elèctrodes de la pila de membrana. El corrent de salmorra és recirculat a la primera vàlvula de quatre vies (on s'encreuarà amb el corrent d'aigua d'alimentació que entra procedent del pre-tractament), i el corrent de producte surt del procés. Abans d'obtenir el resultat final, però, cal tenir la precaució de desviar el flux del producte en el curt període de temps en què aquest es barreja amb la salmorra del cicle anterior, la que després recircula. La desviació té lloc gràcies a una vàlvula de doble via.



Aquesta barreja generada en aquest petit interval temporal, amb més contingut salí de l'admissible, s'anomena producte de fora d'especificació, i durant un període 60 a 90 segons ha de desviar-se a la capçalera de la planta per recircular-se a través de la pila. El corrent final d'aigua dessalada, el producte d'aquest procés dessalador, és el corrent 15 que apareix al diagrama de flux anterior.



I. Legislació

En aquest Annex, s'exposa el contingut de les lleis més importants, a nivell europeu, estatal i català, relacionades amb l'aigua i la dessalació.

I.1. Legislació europea

La legislació europea en el camp de la dessalació ve marcada per a Directiva Marc de l'Aigua, a la qual s'han adaptat els diferents Estats membres de la Unió, entre ells l'Estat espanyol.

Per raons d'espai, només s'ofereixen els principis més importants de la DMA. A la Bibliografia complementària de la Memòria es fa referència al text complet d'aquesta directiva europea. [18]

Principis de la Directiva Marc de l'Aigua europea

- **Principi de no-deteriorament i assoliment del bon estat integral de les masses d'aigua superficials i subterrànies.**

La necessitat de limitar els usos, abocaments o activitats que afecten el medi hídric, directament o indirecta, depenent del medi receptor i de la seva capacitat de suportar els impactes esmentats, tenint en compte en cada moment l'estructura i funcionament dels ecosistemes hídrics alterats. Així, els sistemes aquàtics han de caracteritzar-se i tipificar-se per ajustar millor el programa de control i diagnosi, i el model de gestió sobre el sistema.

- **Principi de l'enfocament combinat de la contaminació i gestió integrada del recurs.**

La Directiva recull els objectius i finalitats de directives anteriors, i els engloba en una visió integradora dels sistemes que s'han d'analitzar, en el nostre cas els sistemes aquàtics, amb un enfocament combinat, i des d'un punt de vista ecosistèmic. La limitació en l'ús de l'aigua, els abocaments o les activitats que poden impactar en els ecosistemes aquàtics es realitza a partir d'una anàlisi integrada del medi que, a més de considerar els elements fisicoquímics adequats per al manteniment d'una bona qualitat, preveu l'ús dels principals elements naturals que el conformen (les comunitats biològiques), i la qualitat de l'estructura que el suporta (l'hàbitat). La unitat (part del sistema hídric) sobre la qual s'elabora la gestió integrada, el programa de control i el programa de mesures per a l'assoliment o manteniment del bon estat ecològic, s'anomena massa d'aigua.

- **Principi de plena recuperació de costos dels serveis relacionats amb l'aigua i l'ús dels espais aquàtics.**



La nova Directiva introdueix el concepte de plena recuperació i internalització dels costos, també els ambientals i els costos del recurs (cost d'oportunitat), derivats dels serveis relacionats amb l'ús de l'aigua i del manteniment sostenible del bon estat de salut dels ecosistemes associats. El cost de l'ús de l'aigua i de l'espai fluvial, de manera sostenible, ha de repercutir sobre el beneficiari o titular de l'activitat que genera el cost.

- **Principi de participació pública i transparència en les polítiques de l'aigua.**

La gestió dels recursos i els programes de mesures i de control, que han de ser integrats dins el nou pla de gestió (nou Pla Hidrològic) per assolir el bon estat ecològic dels sistemes fluvials, s'han d'elaborar a través de la participació i consens social, a partir de mecanismes de participació ciutadana, i sota una total transparència pública.

I.2. Legislació estatal

En aquest apartat s'hi adjunta el reial decret llei 15/2005 que estableix mesures urgents per a l'aprofitament dels recursos hídrics, i el reial decret 140/2003, que fa referència a la qualitat exigida per a l'aigua potable. Per raons d'espai, només es pot veure una part del document, que es pot consultar íntegrament a la bibliografia [24].

I.2.1. Mesures per a l'aprofitament de l'aigua: RD-Llei 15/2005

REAL DECRETO-LEY 15/2005, de 16 de diciembre, de medidas urgentes para la regulación de las transacciones de derechos al aprovechamiento de agua. [61]

\

Tras el pasado año hidrológico 2004-2005, en el que las precipitaciones fueron las más bajas de toda la serie registrada, el inicio del año hidrológico 2005-2006 presentaba una crítica situación de partida en lo que se refiere a las reservas de aguas superficiales embalsadas.

La situación de las reservas para usos consuntivos al inicio del año hidrológico se elevaba a 12.257 hectómetros cúbicos, lo que representa el 34% sobre la capacidad de almacenamiento.

Esta situación supone una disminución de más de veinte puntos porcentuales sobre la situación de inicio del anterior año, doce sobre la media de los últimos cinco años y nueve sobre la media de los últimos diez años.

Las precipitaciones que se han producido en el presente año hidrológico son similares en cantidad a la media histórica. Sin embargo, el dato más representativo de la situación actual es la precipitación media anual de los últimos doce meses, que ha alcanzado los 462,7 mm. Pese a las lluvias de las últimas semanas, todavía se está lejos de la precipitación media anual para el mismo periodo, que es de 669 mm. Es decir, existe todavía un acusado déficit de precipitaciones, ya que se está más de un 30% por debajo de la situación de normalidad.



A pesar de que las precipitaciones caídas durante los meses de octubre y noviembre han venido a paliar en parte la situación existente, sin embargo, de acuerdo con las estadísticas de precipitaciones, en los próximos meses difícilmente serán tan abundantes como para recuperar el déficit acumulado, por lo que durante el presente año hidrológico es previsible que la próxima campaña de riego no podrá ser normal, circunstancia que cabe asimismo extender a algunos abastecimientos a poblaciones.

Ante esta situación, se hace imprescindible en la fecha actual permitir que sea una realidad la posibilidad de llevar a cabo transacciones de derechos del uso del agua. Aunque el volumen de transacciones previsto no es muy elevado, su importancia puede convertirse en crítica ante la crónica insuficiencia de recursos que han venido padeciendo en los últimos meses las zonas potencialmente receptoras de las transacciones.

Con la legislación actualmente vigente las transacciones que pueden llevarse a cabo resultan insuficientes; por ello, resulta crucial abrir la posibilidad de que las mismas puedan ser celebradas por los titulares de derechos al uso de agua de las Zonas Regables de Interés Nacional, ya

que los caudales de los que disfrutan se acercan al 80 % de la totalidad de los recursos superficiales existentes.

Al mismo tiempo, y puesto que las zonas potencialmente cedentes y cesionarias están situadas en áreas geográficas pertenecientes a ámbitos distintos de planificación hidrológica, resulta esencial que las transacciones puedan realizarse a través de las infraestructuras de conexión intercuenas, ya que, en caso contrario, los costes de transporte del agua las harían económicamente inviables.

La urgencia en la aprobación de estas medidas viene determinada por un conjunto de factores, de los cuales los dos primeros están relacionados con las cuencas potencialmente receptoras del agua, y el tercero con las cuencas cedentes.

En cuanto a las cuencas receptoras -fundamentalmente, la cuenca del Segura-, se plantean dos tipos de necesidades: en primer lugar, la urgencia en aliviar el estrés hídrico de determinados cultivos leñosos, en concreto los cítricos, cuya necesidad de agua es crucial en este preciso momento por razones biológicas, necesidad que se ve agravada ante el insuficiente aporte de agua en el año hidrológico pasado, y que no podrá ser remediada acudiendo a los recursos ordinarios que provienen de la cabecera del Tajo a través del acueducto Tajo-Segura. Pero a este primer elemento, vinculado al regadío, se une otra insuficiencia en un uso de todavía mayor importancia: el abastecimiento de poblaciones; en concreto, el área de la mancomunidad de municipios servidos mediante los recursos del Taibilla, cuya situación presenta unos perfiles tan ajustados que hace imprescindible contar con una mínima reserva de agua ante la eventualidad de que las precipitaciones en el inicio del invierno se reduzcan nuevamente, lo cual entra dentro de lo previsible.

Por lo que se refiere a las cuencas cedentes, la razón de la urgencia se deriva del carácter irreversible de la decisión que adopten los usuarios del agua, decisión que deben tomar en estas fechas, ya que nos encontramos en plena época de siembra y nascencia de las semillas que darán lugar a los cultivos agrícolas de estas zonas.

Queda claro, por tanto, por las razones apuntadas, que el agua es extraordinariamente necesaria, y que lo es en este preciso momento, ya que el aplazamiento de la decisión haría inútiles las medidas contenidas en el proyecto en el próximo futuro.



II

El proyecto de real decreto-ley tiene por objeto regular determinados aspectos relacionados con las transacciones de derechos al aprovechamiento de agua, con el fin de promover y facilitar la realización de las mismas. Se incardina la norma en el conjunto de medidas destinadas a combatir la intensa sequía que hemos venimos padeciendo durante el anterior año hidrológico, y cuyos efectos, a pesar de las precipitaciones de las últimas semanas, se mantienen con extrema gravedad.

Esencialmente, se trata de dos medidas concretas cuyo contenido y alcance se expone a continuación.

La primera medida se incorpora en el artículo 2 del proyecto. Tiene por objeto habilitar a los titulares de derechos al uso de agua pertenecientes a las zonas regables de iniciativa pública para la celebración de los contratos de cesión de derechos de uso de agua a que se refiere el artículo 67.1 del texto refundido de la Ley de Aguas.

La redacción del citado artículo determina la posibilidad de otorgar los contratos de cesión a los «concesionarios y otros titulares de algún derecho al uso privativo de las aguas». El Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, dictado en desarrollo de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, ciñe, en su artículo 343.2 a «los concesionarios de aguas superficiales y subterráneas y a los titulares de aprovechamientos temporales de aguas privadas inscritos en el Registro de Aguas conforme a las disposiciones transitorias segunda y tercera del texto refundido de la Ley de Aguas» la posibilidad de celebrar dichos contratos. Por tanto, y dado que los títulos que poseen los usuarios de las zonas regables de iniciativa pública no pueden encuadrarse estrictamente -ya que se trata de un título administrativo «sui generis» derivado de la legislación sobre reforma y desarrollo agrario- en ninguna de las dos categorías que menciona el Reglamento, es necesario especificar el ámbito de aplicación del artículo 67.1 del texto refundido de la Ley de Aguas con el fin de habilitar a dichos titulares para ser parte en los contratos de cesión, tanto en calidad de cedentes como de cesionarios.

En concordancia con todo lo dicho, y puesto que se entiende equivalente el título referido a la concesión, se declara el carácter inscribible de dichos títulos.

La segunda medida está contenida en el artículo 3 del proyecto, que establece que las infraestructuras de conexión intercuenca entre el embalse del Negratín y el de Cuevas de Almanzora, así como el acueducto Tajo-Segura, podrán ser utilizadas para las transacciones reguladas en los artículos 67 a 70 del texto refundido de la Ley de Aguas.

El artículo 72 del texto refundido de la Ley de Aguas establece que el uso de las infraestructuras de conexión intercuenca para todas las transacciones reguladas en la sección se limitará a los supuestos en que el Plan Hidrológico Nacional o las leyes reguladoras de cada trasvase así lo prevean. Como quiera que no existe dicha previsión, se hace necesario que una norma con rango legal confiera la cobertura precisa a la utilización de las infraestructuras de conexión intercuenca mencionadas en el proyecto.

La disposición adicional primera tiene por objeto extender la aplicación de las previsiones del artículo 2 del proyecto a dos ámbitos territoriales cuya regulación está contenida en leyes especiales (las zonas servidas con el agua procedente del acueducto Tajo-Segura y la Mancomunidad de los Canales del Taibilla).



La disposición adicional segunda incluye la declaración de urgente necesidad de ocupación de un conjunto de actuaciones vinculadas con la lucha contra la sequía, que se detallan en el anexo.

La disposición adicional tercera regula la forma de computar las transacciones efectuadas a las cuencas receptoras del acueducto Tajo-Segura.

La disposición adicional cuarta establece el procedimiento de autorización y los informes preceptivos en las transacciones que utilicen infraestructuras de conexión intercuencas.

Finalmente, el proyecto tiene un alcance temporal limitado de acuerdo con su carácter de norma coyuntural destinada a combatir los efectos de la sequía.

En su virtud, en uso de la autorización contenida en el artículo 86 de la Constitución, a propuesta de la Ministra de Medio Ambiente y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 16 de diciembre de 2005,

DISPONGO: Artículo 1. *Objeto y ámbito de aplicación.*

Este real decreto-ley tiene por objeto el establecimiento de medidas urgentes para la regulación de las transacciones de derechos al aprovechamiento de agua, con el fin de combatir los efectos de la sequía.

Artículo 2. *Contratos de cesión de derechos al uso de agua.*

1. Los titulares de derechos al uso de agua adscritos a las zonas regables de iniciativa pública cuyas dotaciones brutas máximas figuren en los Planes Hidrológicos de Cuenca podrán, previo informe del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, celebrar los contratos de cesión a los que se refiere el artículo 67.1 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, sin perjuicio de las formalidades exigidas en el artículo 68.2.

2. Los títulos jurídicos de derechos al uso de agua a que se refiere el párrafo anterior se considerarán incluidos en el ámbito del artículo 190 a) del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, a los efectos de su inscripción en el Registro de Aguas.

3. Los títulos jurídicos en virtud de los cuales cada parte haya adquirido el derecho al uso del agua objeto del contrato deberán estar debidamente inscritos en el Registro de Aguas. En caso de no estarlo, deberá instarse su inscripción previa o simultáneamente a la solicitud de autorización del contrato ante el órgano competente.

El órgano competente para la inscripción calificará el título presentado por el solicitante. En el caso de que el título aportado se encuentre incluido entre los supuestos a los que se refieren el apartado 1 de este artículo y la disposición adicional primera, se extenderá una inscripción provisional, a los solos efectos de la autorización, en su caso, del contrato de cesión, la inscripción definitiva se tramitará conforme a lo previsto en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

Artículo 3. *Utilización de infraestructuras de conexión intercuencas.*

1. Las infraestructuras de conexión intercuencas existentes entre el embalse del Negratín y el de Cuevas de Almanzora, así como el acueducto Tajo-Segura, podrán ser utilizadas para los contratos de cesión de derechos regulados en los artículos 67 a 70 del texto



refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. La utilización de las infraestructuras para estas transacciones se subordina a los fines prioritarios fijados en las respectivas normas reguladoras de las transferencias.

2. Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 69.3 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, el régimen económico-financiero aplicable a estas transacciones será el establecido en las normas singulares que regulen el régimen de explotación de las correspondientes infraestructuras.

Disposición adicional primera. Otros derechos de aprovechamiento de agua derivados de leyes especiales.

1. Se considerarán incluidos en el ámbito de aplicación del artículo 2 de este real decreto-ley los derechos al aprovechamiento de agua que pudieran derivarse de los volúmenes señalados en la disposición adicional primera de la Ley 52/1980, de 16 de octubre, de régimen económico de explotación del acueducto Tajo-Segura, con sujeción a los términos, condiciones y limitaciones establecidas en dicha norma y en las restantes disposiciones reguladoras del trasvase y, en particular, a los acuerdos que adopte la Comisión Central de Explotación del acueducto y, en su caso, el Consejo de Ministros, respecto de las decisiones concretas de trasvase.

2. Se considerarán asimismo incluidos en el ámbito de aplicación del artículo 2 de este real decreto-ley los derechos al aprovechamiento de agua derivados de la Ley de 27 de abril de 1946, por la que se reorganiza la Mancomunidad de los Canales del Taibilla, en los términos y condiciones establecidas en dicha norma y en la restante legislación aplicable.

Disposición adicional segunda. Declaración de urgente necesidad de ocupación.

Se declara la urgente necesidad de la ocupación de los terrenos afectados por las actuaciones que se citan en el anexo.

Disposición adicional tercera. Cómputo de los volúmenes objeto de transacción a las cuencas receptoras del acueducto Tajo-Segura.

Los volúmenes de agua que, en virtud de este real decreto-ley, sean objeto de transferencia a las cuencas receptoras del acueducto Tajo-Segura, se computarán como volúmenes trasvasados a todos los efectos y, en particular, para el cómputo del límite de los 240 hectómetros cúbicos establecido en la disposición adicional tercera de la ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

Disposición adicional cuarta. Autorización de las transacciones intercuencas.

Las transacciones que impliquen la utilización de infraestructuras de conexión intercuencas deberán ser autorizadas por la Dirección General del Agua, previo informe de los organismos de cuenca afectados y de las restantes entidades que deban informar de acuerdo con el artículo 68.2 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

Asimismo, en el plazo previsto en el citado artículo, la Dirección General del Agua podrá ejercer el derecho de adquisición preferente regulado en el artículo 68.3

Disposición final primera. Desarrollo normativo.



Se faculta al Ministro de Medio Ambiente para dictar las disposiciones necesarias para el desarrollo y ejecución de este real decreto-ley.

Disposición final segunda. *Suspensión temporal de eficacia.*

Durante la vigencia de este real decreto-ley, quedará sin efecto, en cuanto a la utilización de las infraestructuras de conexión intercuenas y los contratos de cesión de derechos al aprovechamiento de agua a los que se refiere el artículo 3.1, el primer inciso del artículo 72 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

Disposición final tercera. *Vigencia.*

El presente real decreto-ley estará en vigor desde el mismo día de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado» hasta el 30 de noviembre de 2006.

Dado en Madrid, el 16 de diciembre de 2005.

JUAN CARLOS R.

La Presidenta del Gobierno en funciones, MARÍA TERESA FERNÁNDEZ DE LA VEGA SANZ

ANEXO

Relación de actuaciones para las cuales este Real Decreto-Ley declara la urgente ocupación de los terrenos afectados

Abastecimiento a los Municipios Costeros del Extremo Occidental de Asturias.

Abastecimiento de Agua a Lugo.

Mejora de Abastecimiento a los Municipios del Bierzo.

Ampliación y Mejora del Abastecimiento a la Mancomunidad del Girasol-anillo Perimetral de Tarancón.

Ampliación y Mejora del Abastecimiento a Poblaciones de la Sabrá Este (Toledo).

Abastecimiento al Campo de Montiel desde el embalse de la Cabezuela.

Conducción Torre Abraham al Embalse de Gaset.

Desalación y obras complementarias para el Campo de Dalias (Almería).

Desaladora en el Bajo Almanzora. Nueva Desaladora del Bajo Almanzora (Almería).

Desalación y obras complementarias para el poniente alménense. Desalobrador de Adra (Almería).

Actuaciones complementarias de reutilización de aguas residuales en el Campo de Dalias (Almería).

Interconexión Carboneras-Cuevas de Almanzora. Conducción de la desaladora de Carboneras al Valle de Almanzora (Almería). (Conexión Presa Cuevas de Almanzora-poniente Almeriense, Sector Norte.)



Proyecto de conexión de la conducción Beninar-Agua-dulce con los riegos de la Vega de Adra (Almería). (Mejora de las infraestructuras hidráulicas de los riegos de la zona de poniente de Adra.)

Reutilización de aguas residuales en la Costa del Sol Occidental (Málaga).

Reutilización de aguas residuales en la ciudad de Málaga.

Planta desaladora para garantizar los regadíos del Trasvase Tajo-Segura.

Nueva desaladora de Águilas/Guadalentín. Ampliación de la desaladora de Águilas. (Planta desaladora para riego en Murcia.)

Ampliación de la estación desaladora de aguas salobres del Mojón y sus colectores (Murcia).

Modernización de las infraestructuras hidráulicas de los regadíos de la Vega Alta. Ojós-Contraparada.

Interceptores de aguas pluviales de los barrios norte y oeste de Cartagena (Murcia).

Desalación y obras complementarias para la Marina Alta.Término Municipal de Denia (Alicante).

Desalación y obras complementarias para la Marina Alta.Término Municipal de Campello (Alicante).

Desarrollo de programas de aguas subterráneas y desalación para abastecimientos y regadíos en Castellón.

Obras de regulación para recarga de los excedentes invernales del río Belcaire (Castellón).

Refuerzo del sistema de abastecimiento del área metropolitana de Valencia.

Refuerzo del sistema de abastecimiento del Camp de Morvedre. Desaladora de Sagunto (Valencia).

Laminación y mejora del drenaje de la Cuenca de I; Rambla Gallinera (Valencia).

Prevención contra Avenidas del Barranco de Beni modo (Valencia).

Abastecimiento a Alcañiz, Calanda, Torrecilla, Valdealgorfa y Castelserás (Teruel).

I.2.2. Qualitat de l'aigua potable: RD 140/2003

La ley 16/14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, estableció la necesidad de las Administraciones públicas sanitarias de orientar sus actuaciones prioritariamente a la promoción de la salud y la prevención de las enfermedades. [24]

La citada Ley prevé que las actividades y productos que, directa o indirectamente, puedan tener consecuencias negativas para la salud, sean sometidos por las Administraciones públicas a control por parte de éstas y a llevar a cabo actuaciones sanitarias para la mejora de los sistemas de abastecimiento de las aguas.



El Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, incorporó a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva comunitaria 80/778/CEE, de 15 de julio de 1980.

La publicación de la Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre de 1998, exige la incorporación de la misma al derecho interno español con la elaboración de un nuevo texto que recoja las nuevas especificaciones de carácter científico y técnico y posibiliten un marco legal más acorde, tanto con las necesidades actuales, como con los avances y progresos de los últimos años en lo que a las aguas de consumo humano se refiere, estableciendo las medidas sanitarias y de control necesarias para la protección de la salud de los consumidores, siendo éste el objeto principal de esta disposición.

Dada la importancia de este tema para la salud humana, se hace necesario el establecimiento a escala nacional de criterios de calidad del agua de consumo humano.

Estos criterios se aplicarán a todas aquellas aguas que, independientemente de su origen y del tratamiento de potabilización que reciban, se utilicen en la industria alimentaria o se suministren a través de redes de distribución públicas o privadas, depósitos o cisternas.

Se fijan parámetros y valores paramétricos a cumplir en el punto donde se pone el agua de consumo humano a disposición del consumidor. Estos valores se basan principalmente en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y en motivos de salud pública aplicándose, en algunos casos, el principio de precaución para asegurar un alto nivel de protección de la salud de la población.

Los programas de control de calidad del agua de consumo humano deberán adaptarse a las necesidades de cada abastecimiento y cumplir los criterios de calidad previstos en esta disposición.

Las sustancias utilizadas en el tratamiento de potabilización del agua y productos de construcción instalados en el abastecimiento y en las instalaciones interiores pueden afectar a la calidad y salubridad de la misma, por ello, y sin perjuicio de lo previsto en esta norma, se regularán por normativa específica.

Ante incumplimientos de los criterios de calidad que señala esta disposición, será necesaria la investigación de la causa subyacente y garantizar que se apliquen lo antes posible las medidas correctoras y preventivas para la protección de la salud de la población abastecida. En determinadas condiciones se podrá conceder excepciones, cuando el suministro de agua en el abastecimiento no pueda mantenerse por ningún otro medio razonable y siempre y cuando no haya un riesgo potencial para la salud de la población.

Las decisiones sobre el control de la calidad del agua de consumo humano, así como la adopción de medidas correctoras ante los incumplimientos detectados, se ejecutarán en el nivel local, en virtud de las competencias atribuidas a los entes locales en la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local, siguiendo, en su caso, las indicaciones de la administración sanitaria autonómica competente y contando con su asesoramiento.

Los consumidores deberán recibir información suficiente y oportuna de la calidad del agua de consumo humano, situaciones de excepción, medidas correctoras y preventivas, así como de todos aquellos aspectos que afecten al abastecimiento y que puedan implicar un riesgo para la salud de la población.



El Ministerio de Sanidad y Consumo coordina el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo y elabora los informes nacionales anuales destinados a la información pública y, en cumplimiento con las obligaciones comunitarias, a la Comisión Europea.

El presente Real Decreto, que tiene carácter de norma básica, se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.16 de la Constitución y de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 18.6, 19.2, 23, 24, 40.2, 40.13 y en la disposición adicional segunda de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

En la elaboración de este Real Decreto han sido oídos los sectores afectados, las comunidades autónomas y ha emitido su preceptivo informe la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria (CIOA).

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Sanidad y Consumo, de Agricultura, Pesca y Alimentación, de Medio Ambiente, de Economía y de Ciencia y Tecnología, con la aprobación previa del Ministro de Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros del día 7 de febrero de 2003, dispongo:

Artículo 1. Objeto.

El presente Real Decreto tiene por objeto establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

Artículo 2. Definiciones.

A los efectos de esta disposición se entenderá por:

1. Agua de consumo humano:
 - a. Todas aquellas aguas, ya sea en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren al consumidor, a través de redes de distribución públicas o privadas, de cisternas, de depósitos públicos o privados.
 - b. Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano, así como a las utilizadas en la limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos.
 - c. Todas aquellas aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado.
2. Autoridad sanitaria: a la Administración sanitaria autonómica competente u otros órganos de las comunidades autónomas en el ámbito de sus competencias.



3. Gestor y/o gestores: persona o entidad pública o privada que sea responsable del abastecimiento o de parte del mismo, o de cualquier otra actividad ligada al abastecimiento del agua de consumo humano.
4. Abastecimiento: conjunto de instalaciones para la captación de agua, conducción, tratamiento de potabilización de la misma, almacenamiento, transporte y distribución del agua de consumo humano hasta las acometidas de los consumidores, con la dotación y calidad previstas en esta disposición.
5. Agua destinada a la producción de agua de consumo humano: aquellas aguas que, independientemente de su origen, sufran o no un tratamiento, vayan a ser utilizadas para el consumo humano.
6. Fuente natural: las captaciones no utilizadas con fines comerciales y no conectadas a depósitos, cisternas o redes de distribución.
7. Punto de muestreo: el lugar para la toma de muestras de agua de consumo humano para el control de la calidad de ésta.
8. Valor paramétrico: el nivel máximo o mínimo fijado para cada uno de los parámetros a controlar.
9. Resultado: el valor cuantificado de un parámetro con un método de ensayo concreto y expresado en las unidades fijadas en el anexo I.
10. Plaguicida: los insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas, acaricidas, alguicidas, rodenticidas, molusquicidas orgánicos, metabolitos, productos de degradación o reacción y los productos relacionados como los reguladores de crecimiento.
11. Sustancia: todo producto (sustancia o preparado) que se agregue al agua o sea empleado en su potabilización o mejora, así como los utilizados para la limpieza de superficies, equipos, recipientes o utensilios que estén en contacto con el agua de consumo humano. A estos efectos se dividen en los siguientes grupos:
 - a. *Desinfectantes para agua*: productos empleados para la desinfección del agua de consumo humano.
 - b. *Desinfectantes para superficies*: productos empleados para la desinfección de equipos, recipientes, utensilios para el consumo, superficies o tuberías relacionadas con la producción, transporte, almacenamiento y distribución del agua de consumo humano.
 - c. *Alguicidas y antiincrustantes*: productos que eliminan o impiden el desarrollo de algas en el agua destinada a la producción del agua de consumo humano o tengan acción antiincrustante o desincrustante.
 - d. *Otras sustancias*: todo producto que no esté incluido en los apartados anteriores.
12. Estación de tratamiento de agua potable (ETAP): conjunto de procesos de tratamiento de potabilización situados antes de la red de distribución y/o depósito, que contenga más unidades que la desinfección.



13. Producto de construcción en contacto con agua de consumo humano: todo producto de construcción, de revestimiento o utilizado en los procesos de montaje de las captaciones, conducciones, ETAPs, redes de abastecimiento y distribución, depósitos, cisternas e instalaciones Interiores que estén situadas desde la captación hasta el grifo del consumidor.
14. Conducción: cualquier canalización que lleva el agua desde la captación hasta la ETAP o, en su defecto, al depósito de cabecera.
15. Depósito: todo receptáculo o aljibe cuya finalidad sea almacenar agua de consumo humano ubicado en la cabecera o en tramos intermedios de la red de distribución.
16. Red de distribución: conjunto de tuberías diseñadas para la distribución del agua de consumo humano desde la ETAP o desde los depósitos hasta la acometida del usuario.
17. Punto de entrega: lugar donde un gestor de una parte del abastecimiento entrega el agua al gestor de la siguiente parte del mismo o al consumidor.
18. Acometida: la tubería que enlaza la instalación Interior del inmueble y la llave de paso correspondiente con la red de distribución.
19. Instalación Interior: el conjunto de tuberías, depósitos, conexiones y aparatos instalados tras la acometida y la llave de paso correspondiente que enlaza con la red de distribución.
20. Aparatos de tratamiento en edificios: cualquier elemento o accesorio instalado tras la acometida o llave de paso o en la entrada a la instalación interior o en el grifo del consumidor, con el objeto de modificar u optimizar la calidad del agua de consumo humano.
21. Zona de abastecimiento: área geográficamente definida y censada por la autoridad sanitaria a propuesta del gestor del abastecimiento o partes de éste, no superior al ámbito provincial, en la que el agua de consumo humano provenga de una o varias captaciones y cuya calidad de las aguas distribuidas pueda considerarse homogénea en la mayor parte del año.

Cada zona de abastecimiento vendrá definida por cuatro determinantes:

- a. Denominación única dentro de cada provincia.
- b. Código de identificación.
- c. Número de habitantes abastecidos.
- d. Volumen medio diario de agua suministrada considerando el cómputo anual.

Artículo 3. Ámbito de aplicación.

1. La presente disposición será de aplicación a las aguas definidas en el artículo 2.1.
2. Quedan excluidas del ámbito de aplicación de este Real Decreto:



- a. Todas aquellas aguas que se rijan por el Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas.
- b. Todas aquellas aguas que se rijan por la Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del Medicamento.
- c. Todas aquellas aguas mineromedicinales de establecimientos balnearios que se rijan por el Real Decreto-ley 743/1928, de 25 de abril, que aprueba el Estatuto, sobre la explotación de manantiales de aguas mineromedicinales, y por la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.
- d. Todas aquellas aguas destinadas exclusivamente a usos para los cuales conste a la autoridad sanitaria que la calidad de aquéllas no afecte, directa ni indirectamente, a la salud de los consumidores que las usan.
- e. Todas aquellas aguas de la industria alimentaria que conste a la autoridad sanitaria que la calidad de aquéllas no afecta a la salubridad del producto alimenticio.
- f. Todas aquellas aguas de consumo humano procedentes de un abastecimiento individual y domiciliario o fuente natural que suministre como media menos de 10 m³ diarios de agua, o que abastezca a menos de 50 personas, excepto cuando se perciba un riesgo potencial para la salud de las personas derivado de la calidad del agua, en cuyo caso la autoridad sanitaria requerirá a la Administración local que adopte, para estos abastecimientos, las medidas necesarias para el cumplimiento de lo dispuesto en este Real Decreto.

Artículo 4. Responsabilidades y competencias.

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, y en la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local, se establecen las siguientes responsabilidades en el ámbito de este Real Decreto:

- 1. Los municipios son responsables de asegurar que el agua suministrada a través de cualquier red de distribución, cisterna o depósito móvil en su ámbito territorial sea apta para el consumo en el punto de entrega al consumidor.
- 2. Cuando la captación o la conducción o el tratamiento o la distribución o el autocontrol del agua de consumo lo realice un gestor o gestores distintos del municipio, éste velará por el cumplimiento de este Real Decreto por parte de los mismos.

La responsabilidad de los gestores finaliza en el punto de entrega a otro gestor o en la llave de paso general de la acometida del consumidor.

- 3. Los municipios velarán por el cumplimiento de las obligaciones de los titulares de los establecimientos que desarrollen actividades comerciales o públicas en relación con lo que señala esta disposición. Los titulares de dichos establecimientos deberán poner a disposición de sus usuarios agua apta para el consumo.



4. Corresponde a los municipios el autocontrol de la calidad y el control en grifo del agua que consume la población en su municipio cuando la gestión del abastecimiento sea de forma directa.
5. Cuando la gestión del abastecimiento sea de forma indirecta, el autocontrol de la calidad del agua de consumo humano es responsabilidad de los gestores, cada uno en su propia parte del abastecimiento.
6. Si la calidad del agua de consumo humano sufre modificaciones que impliquen que de forma temporal o permanente no sea apta para el consumo, en cada uno de los casos que señalan los apartados 1, 2 y 3 del presente artículo, el gestor deberá poner en conocimiento de la población y/o de los otros gestores afectados, así como del municipio, en su caso, dicha situación de incumplimiento, las medidas correctoras y preventivas previstas, a través de los medios y en la forma que considere más adecuada, de acuerdo con la autoridad sanitaria, a fin de evitar cualquier riesgo que afecte a la protección de la salud humana.
7. Los propietarios del resto de los inmuebles que no estén recogidos en el apartado 3, son responsables de mantener la instalación Interior a efectos de evitar modificaciones de la calidad del agua de consumo humano desde la acometida hasta el grifo.

Artículo 5. Criterios de calidad del agua de consumo humano.

El agua de consumo humano deberá ser salubre y limpia.

A efectos de este Real Decreto, un agua de consumo humano será salubre y limpia cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana, y cumpla con los requisitos especificados en las partes A y B del anexo I.

Artículo 6. Punto de cumplimiento de los criterios de calidad del agua de consumo humano.

El agua de consumo humano que se pone a disposición del consumidor deberá cumplir los requisitos de calidad señalados en esta disposición, en los siguientes puntos:

- a. El punto en el cual surge de los grifos que son utilizados habitualmente para el consumo humano, para las aguas suministradas a través de una red de distribución, dentro de los locales, establecimientos públicos o privados y domicilios particulares.
- b. El punto en que se pone a disposición del consumidor, para las aguas suministradas a partir de una cisterna, de depósitos móviles públicos y privados.
- c. El punto en que son utilizadas en la empresa, para las aguas utilizadas en la industria alimentaria.



I.3. Legislació catalana

La legislació catalana en matèria d'aigües i dessalació més important data de la llei realitzada l'any 2003, i que regula l'activitat de l'Agència Catalana de l'Aigua, organisme encarregat de la planificació de recursos hídrics al país.

Tot seguit es pot veure l'exposició de motius del decret legislatiu 3/2003, de 4 de novembre, pel qual s'aprova la Llei Catalana d'Aigües. Per raons d'espai, només aquesta part del decret. La resta de la llei es pot consultar a la bibliografia. [17]

DECRET LEGISLATIU

3/2003, de 4 de novembre, pel qual s'aprova el Text refós de la legislació en matèria d'aigües de Catalunya.

Exposició de motius

Els articles 9.13, 9.16, 10.1.6 i 11.10 de l'Estatut d'autonomia de Catalunya atribueixen a la Generalitat de Catalunya competències en matèria d'aigües, obres hidràuliques i protecció del medi ambient en el marc establert pels articles 149.1.23 i 149.1.24 de la Constitució.

La primera manifestació de l'exercici d'aquestes competències va ser la Llei 5/1981, de 4 de juny, sobre desplegament legislatiu en matèria d'evacuació i tractament d'aigües residuals, mitjançant la qual es va crear un tribut propi per finançar les despeses d'inversió i explotació de les infraestructures de sanejament i depuració.

El Reial decret 2646/1985, de 27 de desembre, de traspàs a la Generalitat de Catalunya de funcions i serveis en matèria d'obres hidràuliques, dictat en desenvolupament de les previsions constitucionals i estatutàries i, de conformitat amb les previsions de la Llei 29/1985, de 2 d'agost, d'aigües, va atribuir a la Generalitat els mitjans materials necessaris per a l'execució de les seves competències en matèria d'aigües.

La Generalitat de Catalunya va anar desplegant les competències esmentades quant a l'organització mitjançant la Llei 17/1987, de 13 de juliol, reguladora de l'Administració hidràulica de Catalunya.

Aquesta Llei i la Llei 5/1981 van ser objecte de refosa mitjançant el Decret legislatiu 1/1988, de 28 de gener.

El 1990 van dictar-se dues lleis relatives a l'actuació de l'Administració hidràulica de Catalunya: la Llei 4/1990, de 9 de març, sobre ordenació de l'abastament d'aigua a l'àrea de Barcelona, matèria que, per la seva singularitat havia de ser objecte d'un tractament especial, i la Llei 5/1990, de 9 de març, d'infraestructures hidràuliques de Catalunya, en la qual s'introdueix un nou règim econòmic i financer per a l'execució d'infraestructures hidràuliques generals i d'abastament, amb la creació d'un nou tribut de la Generalitat per finançar-les.

L'Administració hidràulica de Catalunya va ser objecte de reforma mitjançant la Llei 19/1991, de 7 de novembre, de reforma de la Junta de Sanejament, que va reconvertir l'organisme autònom esmentat en una entitat de dret públic amb personalitat jurídica pròpia, sotmesa a la Llei 4/1985, de 29 de març, de l'Estatut de l'empresa pública catalana. Ateses la nova orientació normativa europea en matèria d'aigües, especialment pel que fa al tractament integral del cicle hidràulic, i la necessitat de modificar l'Administració hidràulica de Catalunya per tal de dotar-la de més eficàcia, es va crear, mitjançant la Llei 25/1998, de 31 de desembre, de mesures administratives, fiscals i d'adaptació a l'euro,



L'Agència Catalana de l'Aigua, com a entitat de dret públic que assumeix totes les funcions d'Administració hidràulica única.

La promulgació de la Llei 6/1999, de 12 de juliol, d'ordenació, gestió i tributació de l'aigua, continua en la mateixa línia de reforma del marc normatiu en matèria d'aigües duent a terme una reordenació dels principis i les competències que informen l'actuació de l'Administració hidràulica, reformant el règim de la planificació hidrològica i modificant la tributació sobre l'aigua per donar resposta als nous requeriments. Entre altres novetats, aquesta Llei crea l'Administració local de l'aigua i el sistema de sanejament com a unitat bàsica per a la prestació del servei integral de tractament i evacuació de les aigües residuals, regula el nou règim de la planificació hidrològica prenent el Districte de Conca Fluvial com a unitat bàsica de gestió, crea el cànon de l'aigua com a ingrés específic del règim economicofinancer de l'Agència Catalana de l'Aigua i modifica el règim de l'Ens d'Abastament d'Aigua que havia estat creat per la Llei 4/1990, de 9 de març, d'ordenació de l'abastament d'aigua a l'àrea de Barcelona.

La disposició final de la Llei 6/1999, de 12 de juliol, d'ordenació, gestió i tributació de l'aigua, atorgava al Govern un termini d'un any per refondre en un text únic la Llei esmentada, les disposicions relatives a la creació de l'Agència Catalana de l'Aigua contingudes en la Llei 25/1998, de 31 de desembre, de mesures administratives, fiscals i d'adaptació a l'euro, i els preceptes vigents de la Llei 4/1990, de 9 de març, d'ordenació de l'abastament d'aigua a l'àrea de Barcelona, de la Llei 5/1990, de 9 de març, d'infraestructures hidràuliques de Catalunya, i de la Llei 19/1991, de 7 de novembre, de reforma de la Junta de Sanejament, regularitzant, harmonitzant i aclarint, quan calgués, les disposicions esmentades.

La disposició final quarta de la Llei 31/2002, de 30 de desembre, de mesures fiscals i administratives, ha habilitat de nou el Govern per elaborar un text refós de les disposicions esmentades, incloent-hi les modificacions que han anat incorporant-hi altres normes com la Llei 21/2001, de 28 de desembre, de mesures fiscals i administratives, i la mateixa Llei 31/2002.

